

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra Výrobních strojů a konstruování

Návrh řešení nasazení preventivní údržby žíhací pece

**Design of solution for using the preventive maintenance in the
annealing furnace**

Student:

Bc. Jan Zágora

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. František Helebrant, CSc.

Ostrava 2018

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jan Zágora**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství**
Specializace: **72 Technická diagnostika, opravy a udržování**
Téma: **Návrh řešení nasazení preventivní údržby žíhací pece**
Design of Solution for Using the Preventive Maintenance in the
Annealing Furnace

Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

Zpracujte návrh řešení zajištění provozní spolehlivosti a systému údržby daného zařízení vycházející z podmínek provozního nasazení. V rámci zadání zpracujte:

1. Rešerši a analýzu dané problematiky.
 2. Obecný ideový a technický návrh řešení systému údržby.
 3. Daný návrh aplikujte na daný výrobní provoz.
 4. Zhodnoťte přínos nového řešení ve srovnání se stávajícím.
- Další specifikace bude provedena v průběhu zpracovávání diplomové práce.
Rozsah práce min. 45 stran textu.

Seznam doporučené odborné literatury:

- HELEBRANT, F. *Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů*. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 130s., ISBN 978-80-248-1690-6
- LEGÁT, V. a kol. *Management a inženýrství údržby*. Professional Publishing 2013, První vydání, 570 s., ISBN 978-80-7431-119-2
- NĚMEČEK, P. a kol. *Vedoucí podniku (podnik v kostce)*. Verlag Dashofer nakladatelství s.r.o., Praha 1996, sv.1 a 2, ISBN 80 – 901859 – 5 – 9
- Kol. *Sborníky z mezinárodních odborných konferencí „Národní fórum údržby „ a „Údržba“*
- ČSN EN 13306:2002 *Údržba – Terminologie údržby*
- ČSN EN 13629:2015 *Údržba – Směrnice pro vypracování smluv o údržbě*
- ČSN EN 15628:2016 *Údržba – Kvalifikace pracovníků údržby*
- ČSN EN 13460:2009 *Údržba – Dokumentace údržby*
- Interní podkladové materiály*

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. František Helebrant, CSc.**

Datum zadání: 08.12.2017

Datum odevzdání: 21.05.2018

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

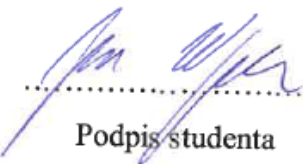


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

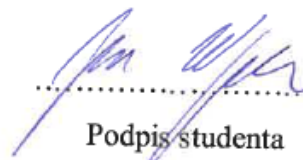
V Ostravě dne 18.05.2018


.....
Podpis studenta

Prohlašuji že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucí diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mě požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18.05.2018


Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Bc. Jan Zágora

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Pod Bečevnou 180, Vsetín 755 01

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

ZÁGORA, J. Návrh řešení nasazení preventivní údržby žíhací pece: Diplomová práce.

Ostrava: VŠB – Technická universita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2018, (57) s.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Helebrant, F. CSc.

Tato diplomová práce se zabývá návrhem preventivní údržby žíhací pece. V úvodní, teoretické části, se zaměřím na problematiku obecné údržby a vysvětlím její typy a historický vývoj až po moderní metody. Dále se zaměřím na vysvětlení procesu žíhání a také představím samotnou žíhací pec. Praktická část začíná analýzou současného technického stavu žíhací pece, po které již přecházím k samotnému návrhu preventivní údržby. Podrobně se věnuji postupu a všem krokům, které jsem při návrhu zvolil. Výsledkem této práce je komplexní plán preventivní údržby žíhací pece.

Klíčová slova: údržba, preventivní údržba, žíhání, žíhací pec

ANNOTATION OF MASTER THESIS

ZÁGORA, J. Design of solution for using the preventive maintenance in the annealing

furnace: Master thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of Production machines and design, 2018, (57) p.

Supervisor of master thesis: doc. Ing. Helebrant, F. CSc.

Goal of this master thesis is to design a solution of preventive maintenance of the annealing furnace. In theoretical part, my focus is dedicated to explaining what maintenance is and its development through history, to the modern methods. Next topic is explanation of the annealing process and introducing the annealing furnace. Practical part starts with analysis of furnace current technical condition followed by design of preventive maintenance itself. I will describe all steps I have made during the design in detail. The result of this master thesis is complex preventive maintenance plan of annealing furnace.

Key words: maintenance, preventive maintenance, annealing, annealing furnace

OBSAH

1	ÚVOD.....	9
	SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ.....	11
2	TEORIE ÚDRŽBY, VÝZNAM A VÝVOJ.....	12
	2.1 Význam údržby a její cíle	12
	2.2 Celková efektivita zařízení CEZ	13
	2.3 Systémy údržby	14
	2.4 Metody technické diagnostiky	16
	2.5 Moderní trendy v údržbě	19
	2.6 Počítačové systémy řízení údržby CMMS	21
3	TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ.....	23
	3.1 Co je tepelné zpracování	23
	3.2 Hliník a jeho slitiny	25
	3.3 Tepelné zpracování hliníku	26
	3.4 Precipitační žíhání	27
4	ŽÍHACÍ PEC EISENMANN	29
	4.1 Výroba litých hliníkových kol.....	29
	4.2 Výstavba a historie	30
	4.3 Žíhací pec	31
	4.4 Popis zařízení a jeho funkce.....	32
5	ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU ŽÍHACÍ PECE	35
	5.1 Péče o zařízení od spuštění do ostrého provozu.....	35
	5.2 Diagnostické metody zjištění technického stavu pece	36
	5.3 Zhodnocení technického stavu žíhací pece	42
6	NÁVRH ŘEŠENÍ PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY	44
	6.1 Postup návrhu preventivní údržby.....	44
	6.2 Seznam náhradních dílů	44
	6.3 Mazací plán	45
	6.4 Čistící plán.....	46
	6.5 Kontrolní plán	47
7	PLÁN PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY	49
	7.1 Představení plánu údržby	49
	7.2 Návrh využití CMMS pro preventivní údržbu	51

8	ZÁVĚR.....	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK	55
	POUŽITÁ LITERATURA	56

1 ÚVOD

Z historického hlediska nás pojem údržba, ve svých různých podobách, provází již od nepaměti. O strojní údržbě se začíná poprvé hovořit s příchodem první průmyslové revoluce, kdy stroje byly většinou jednoúčelové a velmi jednoduché, tudíž zde hovoříme převážně o údržbě až po poruše, jak si vysvětlíme v teoretické části. S koncem druhé světové války, kdy se zpustošený svět opět začíná stavět na nohy, dochází k čím dál větší modernizaci a vývoji nových zařízení. Vše kolem nás se stává komplikovanější a s tím i údržba a péče o majetek. Opravy ve chvílích poruchy již nejsou dostatečným řešením, a tak s postupem času k dnešní době dochází k posunu údržby k jejímu modernímu řešení.

V současné době lze údržbu charakterizovat jako technickoekonomickou činnost, jelikož veškerá rozhodnutí o plánovaných odstávkách za účelem provedení opravy či údržby musí být postavena, mimo jiné, také na ekonomickém základě. Údržba bude stále více spolupracovat s investiční a nákupní politikou organizace, a stále více směřovat svůj pohled na spolehlivost a náklady životního cyklu technických zařízení, na výrobní požadavky a celkovou způsobilost výrobního zařízení. Nedílnou součástí v budoucnosti údržby bude hrát vývoj výpočetní techniky a nových progresivních metod, pro určení stavu a technického života majetku výrobních společností.

Nyní už blíže k zde vypracované diplomové práci. Jak už název napovídá, zabývá se návrhem nasazení řešení preventivní údržby žíhací pece. První část diplomové práce je věnována teorii údržby. Jejímu významu, cílům a také je zde nabídnut pohled do minulosti, na vývoj údržby a údržbářských systémů, kdy za posledních několik dekad je možné, v tomto oboru sledovat značný progres.

Jelikož se diplomová práce zaměřuje na návrh údržby žíhací pece, je třeba proces žíhání detailně vysvětlit. Této problematice se věnuje druhá část práce. Od obecného představení tepelného zpracování a hliníku, se v tématu posouváme hlouběji až ke konkrétním metodám jeho zpracování a předně precipitačního žíhací, což je proces používaný k vytvrzení odlitků ve výrobní společnosti, pro kterou byla tato práce vytvořena.

Na tuto část volně navazuje třetí kapitola, která je věnována již samotné žíhací peci, vysvětlení její funkce a popisu částí, ze kterých se skládá. Zde končí teoretická část a dále se již věnuji praktickým záležitostem pece. Prvním podstatným krokem k výslednému

návrhu preventivní údržby je zhodnocením technického stavu pece. K tomuto zhodnocení byly použity metody technické diagnostiky, představené v úvodní teoretické části práce, věnující se údržbě.

Praktická část je dále zaměřená především na jednotlivé kroky, které postupně vedly ke zde prezentovanému plánu preventivní údržby. Vzhledem ke skutečnosti, že žíhací pec je již několik měsíců v plném provozu, do plánu údržby jsou zahrnuty také problémy, které se projeví až po určité době chodu pece, a způsob jejich následného řešení. Kapitola také přináší zamyšlení nad dalším postupem vedoucím ke zdokonalení zde představeného návrhu, v podobě využití CMMS. Závěr se poté věnuje zhodnocení přínosu vypracovaného plánu.

Na úvod bych také rád podotknul skutečnost, po diskuzi s vedením společnosti bylo rozhodnuto, že se v celé práci neobjeví její jméno. Toto rozhodnutí hodlám respektovat, proto budou některé obrázky či zde zveřejněné dokumenty upraveny tak, aby nedošlo k odhalení jména společnosti.

SEZNAM POUŽITÉHO OZNAČENÍ

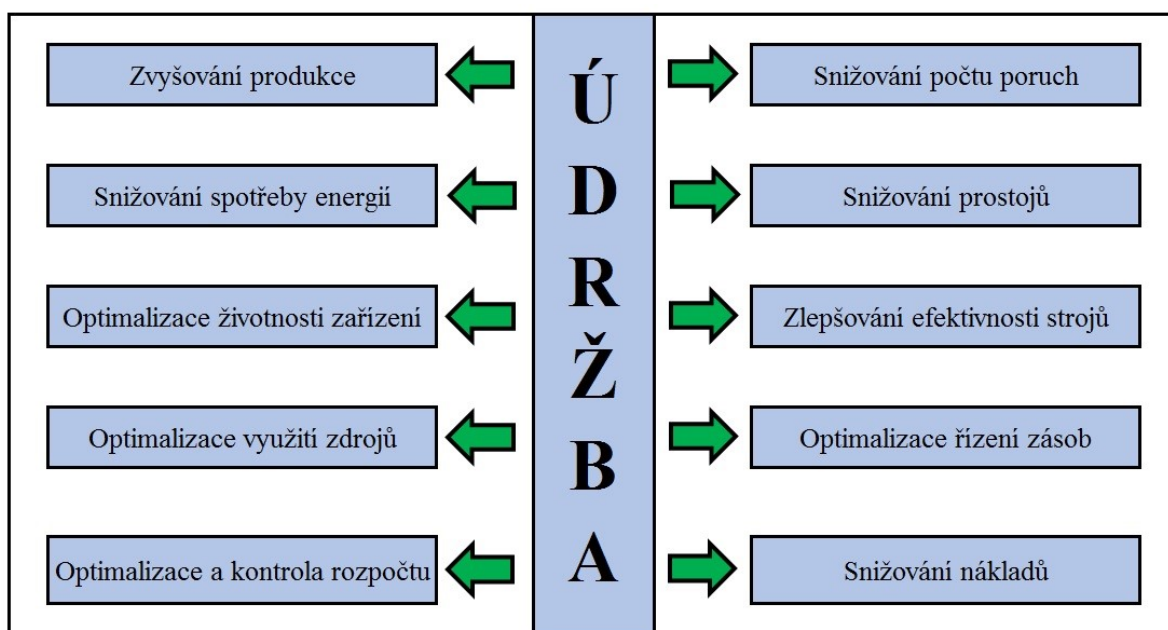
<u>Zkratka</u>	<u>Výklad</u>	<u>Jednotka</u>
CEZ / OEE	Celková Efektivita Zařízení	[%]
	Overall Equipment Effectiveness	[%]
CMMS	Computerized maintenance management system Počítačový systém řízení údržby	
ND	Náhradní díl	
PT	Penetrační zkouška	
	Penetration test	
TBD	Technická bezdemontážní diagnostika	
TND	Technická nedestruktivní diagnostika	
TPM	Totálně produktivní údržba	
	Total Productive Maintenance	
ŽP	Žihací pec	

2 TEORIE ÚDRŽBY, VÝZNAM A VÝVOJ

2.1 Význam údržby a její cíle [1]

Údržba je procesně technická činnost, jejímž úkolem je zajistit a udržet provozní spolehlivost provozovaného zařízení. Pojmem provozní spolehlivost, rozumíme souhrn všech dílčích spolehlivostí strojního zařízení, které stroji umožňují plnit určené funkce v přístupných mezích, při daných provozních podmínkách a také požadované provozní době. Dílčími spolehlivostmi jsou myšleny takové vlastnosti stroje, jako je například bezpečnost, bezporuchovost, funkčnost apod. Všechny tyto dílčí vlastnosti jsou úzce provázány, proto je potřeba chápat zabezpečení provozní spolehlivosti jako systémový problém, jehož řešení se dotýká všech procesů a činností. Zjednodušeně lze říci, že údržba je nástrojem výrobního podniku k zajištění provozní spolehlivosti. [1]

Údržba je pro výrobní podnik často vnímána jako druhořadá činnost, zejména proto, že sama negeneruje žádný zisk, a naopak finanční prostředky spotřebovává. Ovšem je třeba si říct, že údržba má pozitivní vliv, jak na již zmíněnou provozní spolehlivost zařízení, ale také na další podstatné úseky výrobního podniku. Na obr. 1 můžeme sledovat několik vybraných předmětů zájmu výrobního podniku, které údržba pomáhá realizovat a zlepšovat. [1]



Obr. 1 Cíle údržby [autor]

Základní náplň a obsah údržby můžeme rozdělit do 3 skupin:

- **Udržování** – zjednodušeně řečeno, jde o dodržování pokynů a návodů pro péči o zařízení poskytnuté od výrobce. Výsledkem je snížená rychlost opotřebení.
- **Opravy** – činnosti, které opětovně zajišťují požadovaný stav zařízení. Odstraňuje následky opotřebení.
- **Kontrolně revizní a inspekční činnost** – jde o odborné prohlídky, zajištění nasazení metod technické diagnostiky, také zde patří veškeré revize vyhrazených technických zařízení. Tedy všechny tyto činnosti zjišťují stav opotřebení. [1]

2.2 Celková efektivita zařízení CEZ [12]

CEZ, nebo také často používaná zkratka OEE, z anglického Overall equipment effectiveness, je kvantitativní ukazatel určující efektivnost výrobních zařízení. Umožňuje měřitelné porovnání efektivy výroby na jednotlivých zařízeních, linkách, i celých výrobních podnicích. Tento ukazatel se, spolu s metodikou TPM, začal dostávat do širšího povědomí na konci osmdesátých let a dnes patří ke klíčovému faktoru hodnocení výrobní efektivy v drtivé většině moderních podniků na světě.

Základní myšlenka vychází ze vztahu:

$$OEE = \frac{\text{UŽITEČNÝ ČAS ZAŘÍZENÍ}}{\text{DISPONIBILNÍ ČAS ZAŘÍZENÍ}}$$

kde:

- **Užitečný čas zařízení** – celková doba výroby shodných výrobků.
- **Disponibilní čas zařízení** – celková doba provozu stroje.

Užitečný čas zařízení je ovlivněn třemi základními ztrátami, kterými jsou:

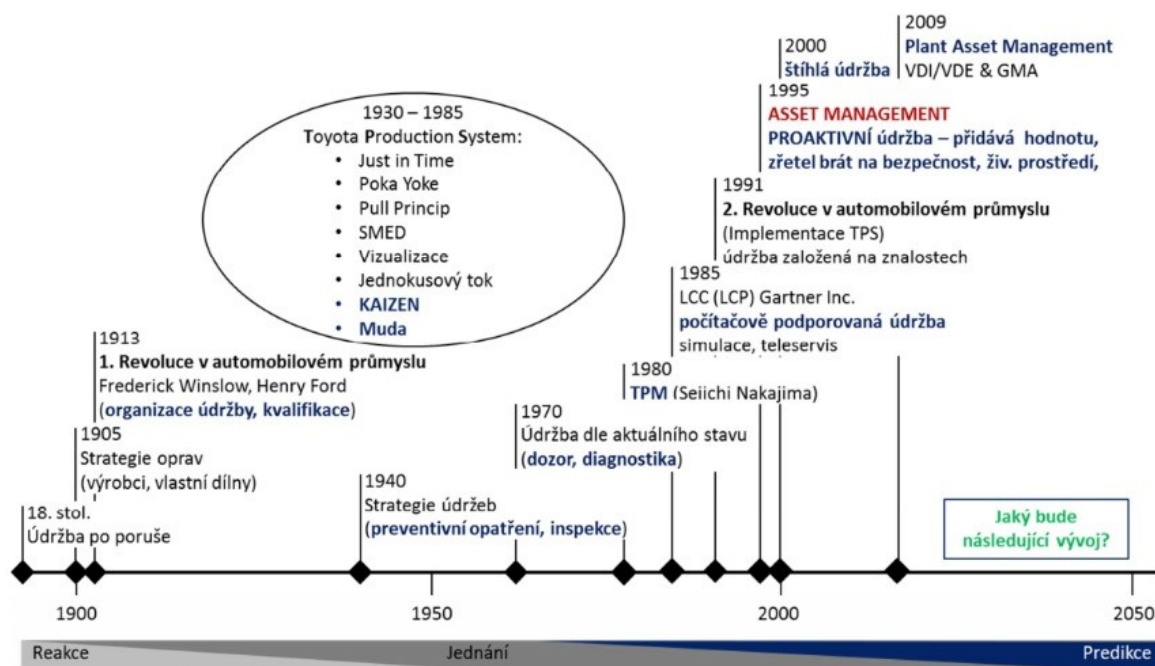
- **Ztráty v dostupnosti** – zde jsou zahrnuty veškeré způsobují rozdíl mezi skutečnou a plánovanou dobou výroby, jako jsou poruchy, neplánované odstávky, doplnění materiálu atd.

- **Ztráty ve výkonosti** – ukazují rozdíl mezi skutečným počtem vyrobených kusů za ideální dobu výroby oproti skutečné době výroby. Ta se může lišit z důvodu pomalého chodu zařízení, delší dobou náběhu stroje a dalšími faktory.
- **Ztráty v kvalitě** – představují poměr mezi shodnými výrobky ku celkovému počtu vyrobených kusů.

Ukazatel OEE, stejně jako výše zmíněné ztráty, se hodnotí v procentech, kdy hodnota OEE = 100 % představuje takový výrobní proces, při kterém nedochází k žádným prostojům, poruchám či produkci neshodných výrobků. V praxi je tato hodnota nedosažitelná. U běžných firem se hodnota OEE pohybuje okolo 60 %, u moderních, světových výrobních podniků, se zavedenou metodikou TPM, a důslednou péčí o majetek, se pohybujeme v hodnotách okolo OEE = 85 %. [12]

2.3 Systémy údržby [2]

Jak již bylo popsáno v úvodu, údržba neboli péče o hmotný majetek lidstvo provází již od počátku věků. O technické údržbě pak hovoříme s počátkem první průmyslové revoluce, kdy se zařízení opravovala díky své jednoduchosti a jednoúčelovosti výhradně až po poruše. S koncem druhé světové války můžeme sledovat prvotní rozvoj údržbářských systémů až po současnost.



Obr.2 Historický vývoj údržby [1]

Níže si tyto údržbářské systémy blíže představíme.

Oprava po poruše

Nejzákladnější typ péče o strojní zařízení, byť v mnoha firmách stále aktuální a používaný. Údržba začíná až po poruše stroje, při náhlém nárůstu produkce zmetků nebo porušení bezpečnosti práce. Výhodou jsou nižší náklady na skladování náhradních dílů, na druhou stranu zvyšuje náklady na samotnou opravu v důsledku překročení mezního stavu stroje a také komplikuje koordinaci údržbářských procesů.

Preventivní údržba

Je to činnost založená na periodických kontrolách zařízení, s jasně danými pokyny co sledovat, se snahou předcházet budoucí poruše a odstraňovat její potenciální příčiny. Má vždy jasně daný harmonogram kroků v rámci preventivních oprav. Typickým příkladem takového harmonogramu je mazací popřípadě čistící plán. Tedy soubor kroků, který je potřeba vykonat v předem daných intervalech. Při odhalení možné poruchy dává čas a možnost k reakci v podobě naplánování odstávky. Oproti opravám po poruše jsou náklady na náhradní díly jsou vyšší, z důvodu jejich častější výměny. Pozitivem je výrazné snížení prostojů zařízení vzniklé při neplánované poruše a následné opravě.

Tři hlavní zásady preventivní údržby, kterých se snažíme dosáhnout, pro efektivnější využití kapacit výroby jsou:

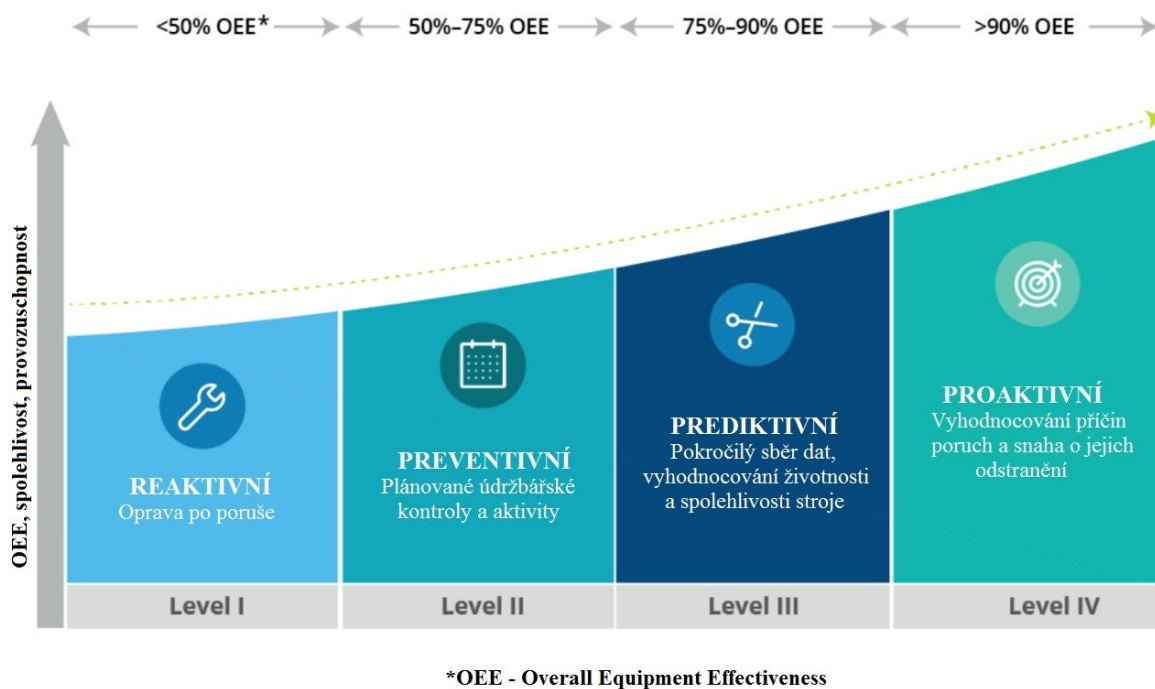
- udržování stabilních podmínek při provozu
- snaha o včasné identifikování abnormalit
- okamžitá reakce

Prediktivní údržba

Zjednodušeně řečeno, předpovídáme životnost a bezporuchovost zařízení z dat jeho aktuálního technického stavu. Tyto data získáváme pomocí metod technické diagnostiky, a to přímo za provozu, bez nutnosti odstávky stroje. Moderní trendy představuje online sledování technického stavu, tedy kontinuální měření a uchovávání dat za účelem rychlé a jasné predikce. Díky vyhodnocování těchto získaných informací je možné dlouhodobě plánovat odstávky z důvodu oprav či výměn vysledovaných opotřebovaných dílů. [2]

Proaktivní údržba

Jde o nejmodernější ze systémů údržby současnosti. V podstatě lze říct, že se jedná o kombinaci preventivní a proaktivní údržby, s tím rozdílem, že zde pouze nevyhodnocujeme příznaky opotřebení, ale aktivně vyhledáváme jejich příčiny. K čemuž nám opět slouží metody technické diagnostiky. Hlavním cílem je prodloužení doby provozuschopnosti strojního zařízení.

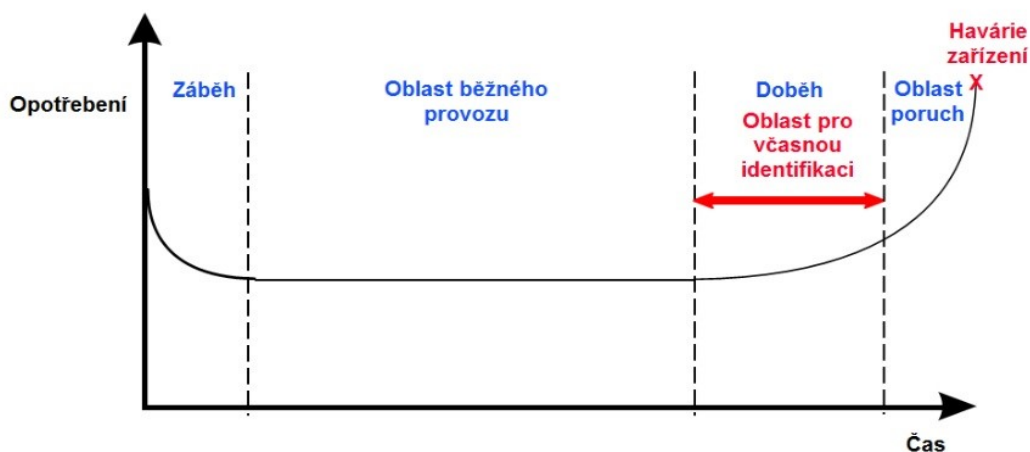


Obr. 3 Systémy údržby [4]

2.4 Metody technické diagnostiky [3, 13, 14, 15]

Pakliže chceme k údržbě strojních zařízení přistupovat tak, jak radí moderní trendy v údržbě, proaktivně, pak je použití technické diagnostiky v provozu nezbytností. Žádná z metod, však není stoprocentní nebo vhodná k použití na všech strojích za všech provozních podmínek.

Proto se v praxi velmi často používá kombinace následujících metod s cílem získat komplexní informace o stroji. Tato kombinace několika druhů technické diagnostiky se nazývá multiparametrická diagnostika.



Obr.4 Vanová křivka [3]

Metody technické diagnostiky se dělí do dvou základních typů:

a) Technická bezdemontážní diagnostika (TBD) [3]

- Testování, měření a vyhodnocování technických a fyzikálních parametrů

Jedná se o takový druh zkoušení stroje, při kterém není zapotřebí jeho montáž/demontáž. Právě naopak, vše se testuje za provozu. TBD je zastoupena především následujícími metodami:

Vibrodiagnostika

Jedna z nejčastěji používaných metod. Pro vyhodnocení technického stavu zařízení využívá jako signál vibrace. Tento signál je dále zpracováván a analyzován pro dosažení přesnějších a detailnějších výsledků. Vibrodiagnostika ve spojení s moderní výpočetní technikou také dovoluje možnost sledování zařízení online, pomocí monitorovacích systémů, které jsou schopné získávat informace ze stroje automaticky v reálném čase.

Tribodiagnostika

Zde využíváme poznatků získaných z vědního oboru tribologie, tedy oboru zabývajícího se procesy tření dvou povrchů při jejich vzájemném pohybu. Hlavním nositelem informace o technickém stavu zařízení je mazivo. Sledujeme zde dvě hlavní oblasti, a to celkové opotřebení či poškození strojního zařízení zjištěné ze vzorku maziva nebo degradaci samotného maziva.

Termodiagnostika

Metoda měření a vyhodnocování teploty a teplotních obrazů. Využíváme pestré škály dotykových teploměrů, ale také můžeme provádět bezdotykové měření pomocí termovizních kamer a infračervených teploměrů. Široká možnost uplatnění je ve stavebním, hutním i strojním průmyslu, stejně jako u záchranných akcí a pro policejní a vojenské složky.

Akustická diagnostika

Ukazatel technického stavu zařízení, podobný vibrodiagnostice. Snadno vysledovatelný, jakýkoliv projev zvýšené hlučnosti stroje lze brát jako diagnostický signál budoucího problému či případné poruchy. Často se též měří působení hluku na lidský organismus, z hlediska technicko – hygienického pohledu. [3]

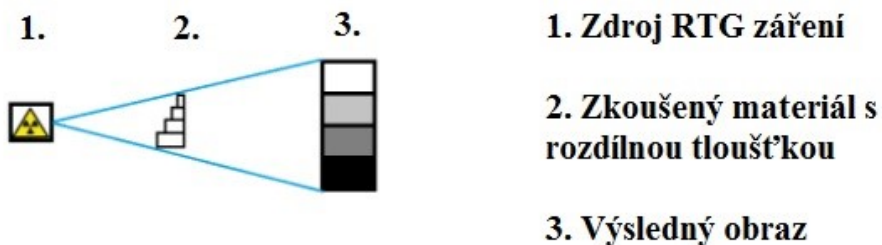
b) Technická nedestruktivní diagnostika (TND)

- Také nazývaná defektoskopie, tedy zjišťování povrchových a vnitřních vad

Soustřeďuje se především na zkoušení součástí stroje, produktu nebo materiálu. Jak název napovídá, zkoušení probíhá tak, aby nedošlo k jakékoliv deformaci či poškození součástí, tudíž není nijak znehodnocena její budoucí použitelnost. Základní metody TND jsou uvedeny níže:

Prozařování (X-Ray) [13]

Rentgenové záření je známé po celém světě především díky jeho uplatnění ve zdravotnictví. Ovšem i ve strojírenství má své využití. Kupříkladu při hledání vnitřních vad ve slévárenském průmyslu nebo při odlévání plastových součástí. Paprsky rentgenového



Obr.5 Vliv tloušťky materiálu na výsledný obraz RTG zkoušky [13]

záření totiž mohou pronikat skrze pevné předměty. Tato průchodnost skrz materiály je dána především na atomovém čísle materiálu a na jeho tloušťce. Proto lze vnitřní vady, jako třeba bubliny či vměstky v jinak homogenním materiálu, Rentgenovým zářením snadno odhalit.

Ultrazvuk

Ultrazvuk je zvuk, konkrétněji akustické vlnění, s frekvencí nad úrovní slyšitelnosti. U zkoušky ultrazvukem využíváme vlastností průchodu vlnění skrz materiál, při kterém v případě změny prostředí (například materiál/vzduch) dojde k odrazu a lomu vlnění. Tento jev lze snadno zaznamenat a následně vyhodnotit. Oproti rentgenům jsem schopni použít tuto metodu i pro objemné materiály. Ultrazvukové zkoušku se dělí především na dvě metody, a to metodu odrazovou a průchodovou. [14]

Kapilární metoda

Řídí se normou, konkrétně je to ČSN EN 571-1 PT. Tato zkouška má tedy přesně stanovenou metodiku použití a vyhodnocení. Penetrační zkouška nám pomáhá odhalit povrchové vady, jako jsou trhliny, drážky, póry a jim podobné, s využitím především u kovových materiálů jako jsou odlitky, svarové spoje, výkovky atd. Metoda je založena na barevné, popřípadě fluorescenční indikaci povrchových vad. Povrch součásti je ošetřen speciálními látkami, které využívají efekt kapilární elevace a tím zviditelní lidskému oku neznatelné trhliny a vady na povrchu součásti. [15]

2.5 Moderní trendy v údržbě [1]

Metoda 5S

Je to metodika určená ke zvýšení efektivity výroby. Vychází ze základního principu minimalizaci úsilí na pracovišti pomocí pěti základních principů, které nám zajišťují stále čisté, přehledné a organizované pracoviště. Původ této metody můžeme dohledat v Japonsku v automobilovém závodě Toyoty. Těmito principy jsou:

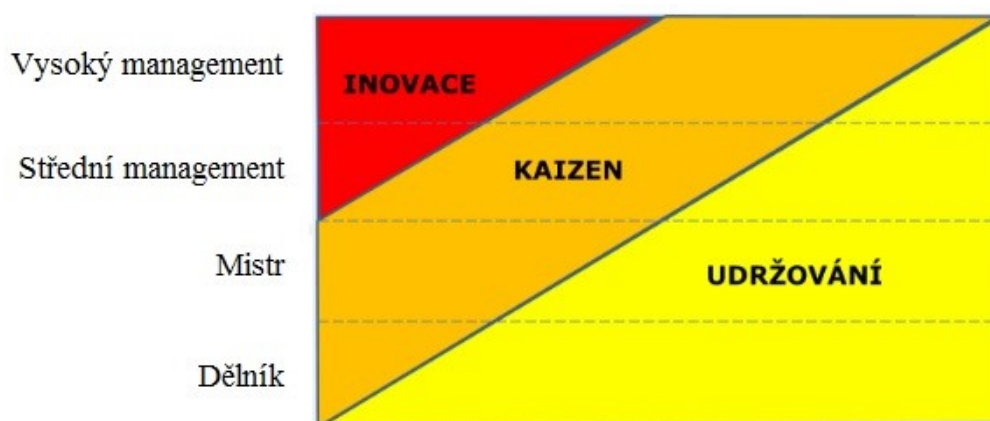
- 1) **Seiri** – Úklid, tedy ponechání jen nejn nutnějších věcí na pracovišti.
- 2) **Seiton** – Uspořádat, určit posloupnost pracovních pokynů a kroků.
- 3) **Seiso** – Čistota a pořádek, každý nástroj má své místo.
- 4) **Seiketsu** – Standardizovat, provádět stejné úkony vždy stejně.
- 5) **Shitsuke** – Udržovat, dodržovat všechny zmíněné postupy a metody.

Kroky 1 až 3 jsou nástroje ke změně a zlepšení prostředí na pracovišti. Poslední dva slouží především ke kontrole, udržování a zlepšování již zavedených změn a celkového stavu pracoviště.

Metoda Kaizen [16]

Je to v podstatě cesta za neustálým zlepšováním. Zahrnuje nejen výrobní procesy, ale také osobní, sociální a kompletní pracovní život, počínaje obyčejným dělníkem až po nejvyšší vedení. Kaizen je v podstatě životní filozofie. Nikdy nelze dosáhnout 100% dokonalosti v jakémkoliv aspektu života, ale vždy je co zlepšovat.

A právě v tom spočívá celá podstata metody. Vše se dá zlepšit, od kvality, přes kulturu na pracovišti až po produktivitu, a to neustále. Podněty ke zlepšení přitom podávají sami zaměstnanci, což je často ohodnoceno finanční odměnou.



Obr.6 Kaizen [16]

Metoda TPM [1]

Podobně jako již výše uvedené metody i metoda TPM byla poprvé definována v Japonsku na začátku 70. let dvacátého století. TPM neboli v českém překladu Totálně produktivní údržba, je moderní způsob řešení údržby a její organizace v rámci celého výrobního podniku. Celý koncept je v podstatě soubor doporučených kroků tzv. pilířů, které mají vést k zásadnímu zvýšení efektivity a provozuschopnosti zařízení. Těchto pilířů je celkem 5 a jsou uvedené níže:

1) Zlepšení celkové efektivity zařízení (CEZ)

Snaha o snížení 16 základních ztrát ve výrobě jako jsou prostoje, poruchy, výměny nástrojů, nekvalita atd.

2) Autonomní údržba

Zodpovědnost za stroj přebírá jeho obsluha, namísto pracovníka údržby.

3) Plánovaná údržba

Vytvoření preventivního plánu údržby se snahou o efektivní systém plánování údržbářských činností.

4) Zavádění plánů a systémů do údržby

Standardizace procesů.

5) Vzdělávání a trénink pracovníků

Rozvoj pracovníků, školení a neustálé zdokonalování již zavedených procesů.



Obr.7 Metodika TPM [1]

Implementace této metodiky zpravidla trvá čtyři roky, kdy první pozitivní výsledky můžeme sledovat už po pár měsících. Implementací programu TPM, popřípadě zdokonalování již zavedených pilířů, do provozu absolvuje v dnešní době velké množství firem. Vede je k tomu především snaha o zvýšení efektivity výroby, konkurenční boj a také čím dál náročnější požadavky zákazníků.

2.6 Počítačové systémy řízení údržby CMMS [18]

Počítačové systémy řízení údržby hmotného majetku organizací začaly vznikat společně s rozvojem výpočetní technologie. Jak už název napovídá, jedná se o počítačový software sloužící k snadnému řízení, sběru dat a organizaci údržbářských činností.

Poskytuje nepřehledné množství informací o strojních zařízeních, uzpůsobené k dalšímu zpracování. Zvyšuje efektivitu údržbářských činností a celkovou efektivitu organizace řízení údržby. Vytváří záznamy o údržbě, příčinách poruch a odstávek. Stejně jako pomáhá počítat náklady při následných opravách nebo náklady na dodržování preventivní údržby jednotlivých strojů.

Systému CMMS může využívat jakákoliv organizace, jejíž majetek, vozidla či výrobní zařízení vyžaduje provádět údržbářské činnosti. Tyto informační systémy bývají velmi často jednoduše modulární, a tak výrobci svým zákazníkům nabízí využití přesně pro jejich konkrétní průmyslové odvětví, jako například údržba vozového parku, zdravotnických zařízení, skladových zásob apod.

Databáze také nabízí dostatek informací pro detailní analýzu dat z provozu. Ať už o prostojích, četnosti poruch či o správném dodržování plánů odstávek a údržby strojů. Součástí CMMS mohou být také zprávy o stavu zařízení, jeho výrobní dokumentace a detailní informace o činnostech údržby. Databáze nabízí dostatek informací pro detailní analýzu dat z provozu. Čím důmyslnější balíček je, tím více analýz nám dává k dispozici. Údaje CMMS mohou být také použity k ověření shody s předpisy.

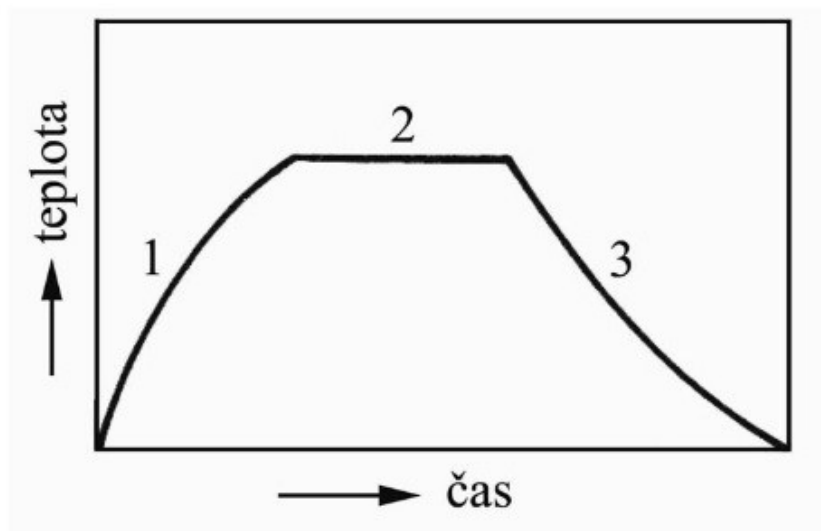
Informační systém se v dnešní době stal již nedílnou součástí snad každé výrobní společnosti.

3 TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

3.1 Co je tepelné zpracování [10]

Procesem tepelného zpracování se myslí takový postup, při kterém se cíleně mění teploty a někdy také chemické složení kovů. Účelem těchto tepelných procesů je dosažení požadovaných technologických, fyzikálních a mechanických vlastností materiálu, popřípadě dalším žádoucím efektům.

Druhů tepelného zpracování je mnoho, jejich průběh se však v podstatě neliší. Celý princip je založen na ohřevu na určitou teplotu, následné výdrži na teplotě a poté ochlazení, s tím, že celý tento proces se může i několikrát opakovat. Na obr.8 je možno takovýto proces vidět na jednoduchém diagramu.



1 – ohřev, 2 – výdrž na teplotě, 3 – ochlazování

Obr.8 Princip tepelného zpracování [10]

Z hlediska vlivu okolního prostředí, tedy vnějších podmínek, můžeme tepelné zpracování dělit na tyto tři druhy:

- **Tepelné zpracování**

Změna vnitřní struktury kovu pomocí změny teploty na závislosti čase. Detailněji popsáno níže.

- **Chemicko-tepelné zpracování**

Při tepelném zpracování se zároveň mění chemické složení povrchu, popřípadě celého objemu součásti, pomocí nejčastěji difúzního sycení. Příkladem jsou procesy cementování, nitridace, chromování atd.

- **Termomechanické zpracování**

Změna vnitřní struktury materiálu za společného působení změn teploty a plastické deformace.

Tepelného zpracování se nejčastěji využívá při zpracování ocelí. Své využití však často najde i u dalších kovových materiálů, jako například hliník a jeho slitiny. Tomuto tématu se budu blíže věnovat později. Níže je uveden seznam nejčastěji používaných druhů tepelného zpracování kovových materiálů, které se nadále dělí vždy v závislosti jakého výsledku chceme dosáhnout nebo dle typu a chemického složení materiálu:

- **Žihání** – rovnoměrný pomalý ohřev, většinou s cílem získání rovnovážného stavu materiálu.
- **Kalení** – prudký ohřev i ochlazení se zaměřením na zvýšení tvrdosti povrchu materiálu. Velká závislost na obsahu uhlíku v oceli.
- **Popouštění** – teploty se pohybují v mezích 150 až 400 °C, cílem je snížení křehkosti a podstatné snížení vnitřního pnutí. Nežádoucím vedlejším jevem je snížení tvrdosti.
- **Zušlechťování** – kombinace kalení a popouštění, za účelem výrazného zvýšení meze kluzu, pevnosti a houževnatosti.

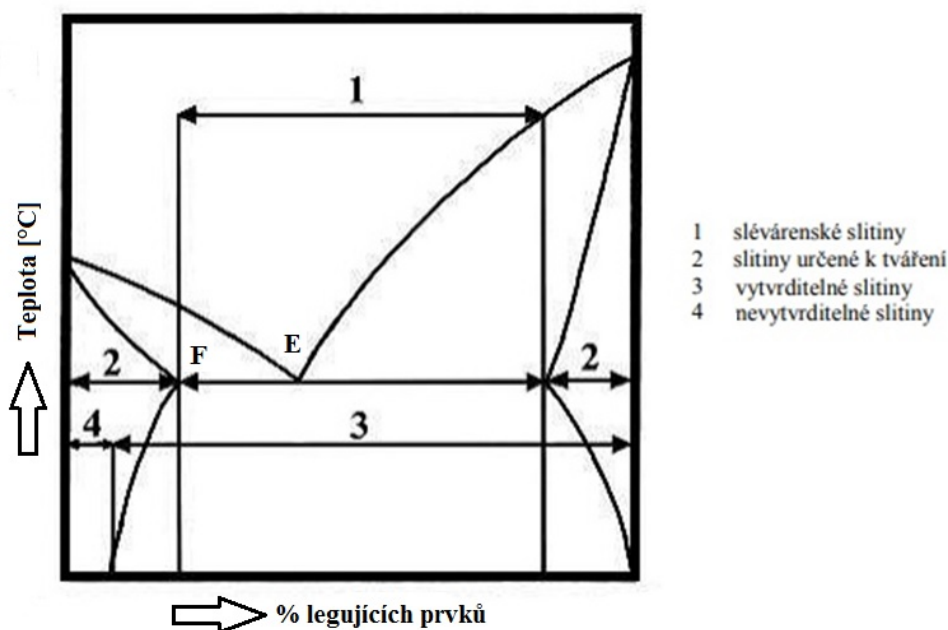
Jak jsme si již vysvětlili, princip tepelného zpracování je vždy v podstatě stejný. Samotné metody tepelného zpracování se však zákonitě musí lišit. Důležitými faktory, které zde hrají hlavní úlohu, je čas a teplota. Některé postupy jsou časově velmi náročné, vyžadují pomalý a rovnoměrný ohřev, což může trvat i několik hodin. Jiné zase, například kalení, vyžaduje velmi rychlý a prudký ohřev. S tím se samozřejmě pojí i teplota. Volba konečné teploty má vliv na typ strukturálních změn v materiálové krystalické mřížce, a jednoduše řečeno, nastavení správných teplotních hodnot je vždy a ve všech případech klíčové, kdy i nepatrná změna procesní teploty, v řádech jednotek °C, může znamenat nežádoucí změny v materiálu. [10]

3.2 Hliník a jeho slitiny [8]

Hliník je hned po oceli, druhým nejpoužívanějším materiálem vhodným pro konstrukci. Surovinou k jeho výrobě je bauxit (oxid hlinitý). Z taveniny tohoto oxidu získáme metodou elektrolýzy čistý hliník. Jeho předností je poměr nízké měrné hmotnosti vůči relativně vysoké pevnosti, stejně jako výborná tepelná a elektrická vodivost.

Ve strojní praxi se hliník nachází nejčastěji ve slitinách s legujícími prvky, které do značné míry upravují a vylepšují jeho vlastnosti. Ať už jde o zvýšení tvrdosti a pevnosti, nebo například zlepšení obrobitelnosti. Mezi nejčastěji používaný legující prvek, se kterým tvoří hliník slitinu je měď (Cu), které ve slitinách najdeme okolo 5% a je doplněna malým množstvím (cca 0,5%) dalších přísad jako mangan (Mn) nebo hořčík (Mg). Taková slitina se nazývá Dural. Poprvé byl vyroben již v roce 1906 v Německu a dodnes se v hojné míře využívá v automobilovém, stavebním i sportovním průmyslu.

Další často využívané legující prvky jsou zinek (Zn), kobalt (Co), nikl (Ni) a například u moderních materiálů využívaných v letectví se k legování hliníku používá lithium (Li). Ve slévárenství se poté využívá převážně vlastností křemíku (Si), konkrétně ve společnosti, kde byla zpracována tato diplomová práce, se jedná o slitinu AlSi7.



Obr.9 Rozdělení slitin [8]

Podle obsahu legujících prvků můžeme dělit hliníkové slitiny pro použití ve slévárenství, popřípadě slitiny určené ke tváření. Z obr.9 je toto rozdělení patrné, stejně tak jako rozdělení na slitiny vytvrditelné nebo nevytvrditelné, tedy takové, u kterých je možno dosáhnout dalšího zlepšení vlastností pomocí tepelného zpracování, konkrétně pomocí precipitačního žíhání. [8]

3.3 Tepelné zpracování hliníku [9]

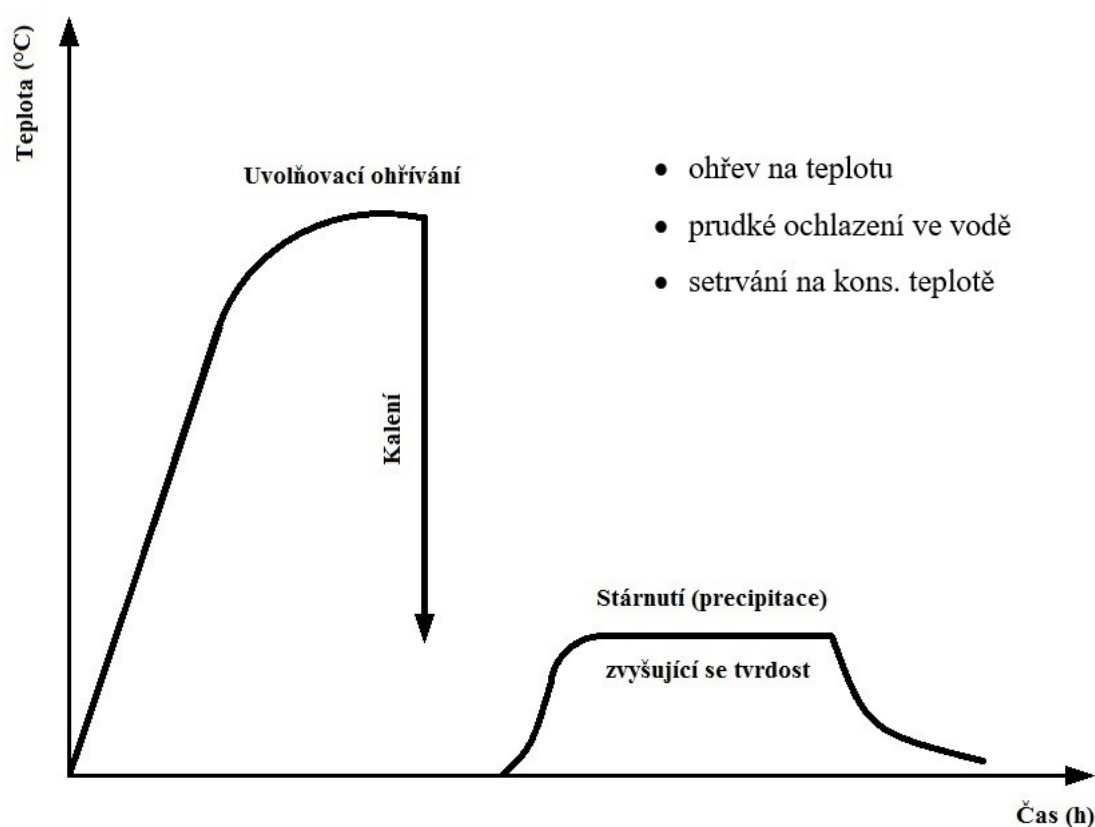
Všechny procesy, při kterých dochází k úmyslnému zahřívání a ochlazování materiálů a slitin v tuhém skupenství, za určitých podmínek a určitým způsobem, nazýváme tepelným zpracováním. Těmito postupy můžeme dosáhnout změny struktury materiálu, stejně tak jako změny fyzikálních a mechanických vlastností (tvrdost, pevnost, obrobitelnost, houževnatost, tažnost atd.). U neželezných materiálů, jakým slitiny hliníku jsou, se v oblasti tepelného zpracování používá zejména žíhání. Proces, jehož podstatou je ohřev na požadovanou teplotu, následné setrvání po určitý čas, a postupné ochlazování.

Níže si představíme základní typy žíhání slitin hliníku:

- **Žíhání za účelem odstranění vnitřního pnutí** – používá se u tvarově komplikovaných součástí, tvářených za tepla, u odlitků a také po svařování. Teplota se pohybuje okolo 200 až 250 °C, se setrváním na dané teplotě podobu pohybující se okolo 7 hodin.
- **Rekrytalizační** – používá se převážně jako mezioperace u tváření za studena. Při procesu tepelného zpracování dochází ke snížení tvrdosti a pevnosti, a naopak ke zvýšení tažnosti a houževnatosti. Cílem rekrytalizace je získat co možná nejjemnější zrna.
- **Homogenizační** – slouží k odstranění nehomogenit (nestejnorodostí) v krystalické mřížce slitiny, které vznikají při tuhnutí odlitků. Teplota žíhání se pohybuje nad teplotou změny rozpustnosti.
- **Precipitační (vytvrzování)** – speciální technologie, dovolující výrazné ovlivnění mechanických i fyzikálních vlastností. Detailněji si tuto metodu představíme v další kapitole.

3.4 Precipitační žíhání [7, 9, 10]

Precipitační žíhání nebo též vytvrzování je proces tepelného zpracování slitin hliníku za účelem zlepšení mechanických vlastností. A to zejména homogenizací materiálu a jeho následného, jak již název napovídá, zvýšení tvrdosti. Princip precipitačního žíhání byl nezávisle na sobě objeven pány Guinierem a Prestonem v roce 1938 u slitiny Al-Cu. Vyznačuje se vznikem koherentních precipitátů, kterým se též říká Guinierovy-Prestonovy zóny. [7]



Obr.10 Princip precipitační žíhání [7]

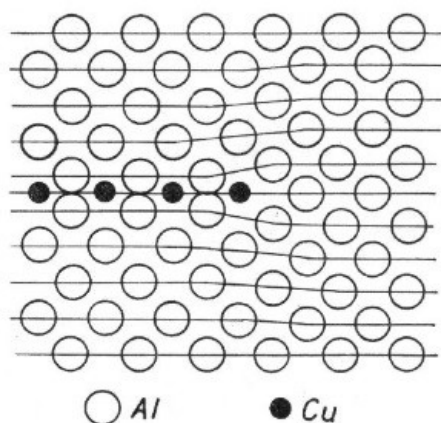
Základním předpokladem pro vytvrzení materiálu, je dostatečná změna rozpustnosti legujícího prvku v tuhém stavu. Ohřevem na určenou teplotu dosáhneme homogenní struktury, samozřejmě nesmí dojít k překročení teploty solidu, což by mohlo způsobit natavení zrn a následnému zhoršení mechanických vlastností materiálu. Následným prudkým ochlazením, nejčastěji ve vodě, se stav a procesy v materiálové krystalické mřížce zastaví a vznikne tzv. přesycený stav. Tento stav nemá na tvrdost materiálu významný vliv, ale připraví dobrou výchozí pozici pro jeho následné vytvrzení. To probíhá zpravidla při

teplotě nižší než 200 °C. Důležité je také zmínit, že jak teplota vody při ochlazení, tak i teplota při procesu stárnutí, výrazně ovlivňují výsledné vlastnosti materiálu. [9]

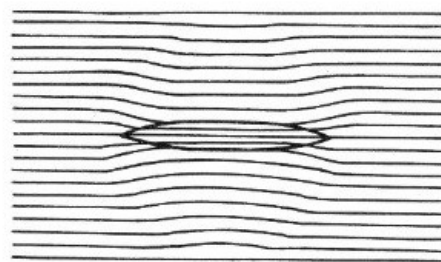
Vytvrzení neboli stárnutí probíhá rozpadem přesyceného tuhého roztoku a vznikem koherentních precipitátů (GP zóny). Stárnutí můžeme dosáhnout dvěma způsoby:

- a) Při pokojové teplotě – přirozené stárnutí
- b) Při zvýšené teplotě – umělé stárnutí [9]

Tyto zóny způsobují pnutí v krystalické mřížce a také v jejich okolí, což výrazně snižuje možnosti pohybu dislokací v materiálu, a právě tento jev je spojen s vytvrzením materiálu. V první fázi vznikají GP zóny na bázi atomů v krystalické mřížce GP1 (obr.11), v pozdější fázi už jako vícevrstvé destičkové útvary GP2 (obr.12). Níže jsou uvedeny obrázky GP zón 1 a 2 ve slitině Al-Cu. [10]



*Obr.11 Uspořádání atomů Cu
v pásmu GP1.[10]*



*Obr.12 Schématické znázornění
pásma GP2.[10]*

Postupem času tyto zóny rostou a ztrácí koherenci a celý proces končí vznikem rovnovážného nekoherentního precipitátu. Takový proces se nazývá „přestárnutí“, vyznačuje se poklesem tvrdosti a jedná se o nežádoucí proces. [10]

4 ŽÍHACÍ PEC EISENMANN [5, 6]

Žíhací pec, jak si vysvětlíme později, je kritické zařízení ve výrobě, jelikož jakýkoliv výpadek či prostoj způsobí nemalé ztráty a prodlevy ve výrobě. Proto je důležité se o stroj starat, a to již od prvních okamžiků. Snahou nejenom oddělení údržby, ale především slévárny a samotných předáků na žíhací peci, by měla být maximální provozuschopnost zařízení a jeho perfektní technický stav. Jen tak bude možné dosáhnout požadované kapacity výroby bez nechtěných prostojů a poruch. [6]

4.1 Výroba litých hliníkových kol [5]

Jak již bylo zmíněno, firma se zabývá výrobou litých, hliníkových kol pro osobní automobily. Níže si představíme, co taková výroba obnáší a z jakých výrobních procesů se skládá. To nám pomůže pochopit postavení procesu žíhání ve výrobě.

Celý proces začíná v jedné ze 4 tavicích pecí, kde je hliník převeden do tekutého skupenství a v pánvích dopravován do udržovacích pecí liciho stroje. Tam je pomocí metody tlakového lití hliník vtlačen do formy. Po zatuhnutí hliníku je kolo v podobě hrubého polotovaru podrobena RTG zkoušce, která má za úkol odhalit nehomogenity, tedy vnitřní vady jako vměstky nebo naopak bubliny. Dále se odstraní nálitek a takto zpracované a zkontrolované kolo je připraveno pro vstup do žíhací pece.

Žíháním dosáhneme u kola dvojího efektu:

- Odstranění vnitřního pnutí (zajistíme homogenizaci odlitku).
- Zvýšení povrchové tvrdosti a pevnosti kola.

Proces žíhání trvá několik hodin a po jeho dokončení přechází odlitek na obrobnu, kde se obrobí na požadovaný tvar a rozměr. Poslední operací je lakování, které zajistí samotný vzhled výsledného kola. Samozřejmostí jsou kontrolní stanoviště kvality na všech odděleních a výstupní kontrola.



Obr.13 Vstup nežíhaných odlitků do pece [6]

4.2 Výstavba a historie

Proces výstavby žíhací pece začal v roce 2016, především za účelem nahrazení všech tří, již zastaralých a vysoce poruchových žíhacích pecí. Hlavním důvodem ovšem byla nutnost navýšení výrobní kapacity závodu, kdy původní pece již kapacitně nezvládaly současnou produkci hliníkových kol pro osobní automobily. Kapacita nové žíhací pece se pohybuje kolo 2400 kol za směnu.

První ostré spuštění proběhlo v srpnu 2017. Po dobu celého měsíce probíhaly validační testy, především za účelem podchycení prvotních chyb, poruch a neshod v procesu. Tyto testování probíhalo výhradně na zmetkových odlitcích. Pro účely testování kvality žíhání, dodržení správných teplot, hloubky prokalení povrchu kola a celkové tvrdosti odlitku, byly připraveny speciálně upravené odlitky s předvrtanými otvory pro teplotní snímače. Takto upravené odlitky společně se sběrníci dat několikrát prošly v průběhu testování pecí za účelem ověření správného průběhu teplotní křivky.

V průběhu září 2017 byla technologie uznána za funkční a schopnou ostrého provozu. Je však nutno podotknout že v současné době stále neproběhlo oficiální předání pece výrobní společnosti ze strany dodavatele, jelikož se stále objevují neshody či reklamace ze strany zákazníka.

4.3 Žihací pec

Dodavatelem žihací pece je německá firma EISENMANN Thermal Solution, firma s dlouholetou tradicí a zkušenostmi s vývojem a instalací zařízení po celém světě. Na trhu se firma objevila poprvé na začátku padesátých let, jako malý rodinný podnik a během několika desítek let byla vybudována do pozice významného světového dodavatele a vývojáře širokého sortimentu zařízení, od lakovacích linek, přes čističky odpadních vod až po technologie tepelného zpracování. Jednou z těchto technologií je i žihací pec, která je předmětem této diplomové práce. [5]



Obr.14 ŽP Eisenmann [6]

Výrobní závod je vybaven lakovací linkou od stejného dodavatele, stejně jako byla jedna z již nahrazených žihacích pecí. Při volbě tohoto dodavatele tedy hrály zřejmě velkou roli také zkušenost a již osvědčené znalosti s prostředím firmy.

Základní rozměrové informace o peci, stejně jako informace o žíhaném produktu a spotřebě energií jsou k nahlédnutí v tabulce 1.

Základní informace o ŽP		
Rozměry pece	Délka	51 m
	Šířka	13 m
	Výška	10 m
	Hloubka	3 m
Informace o odlitku	Velikost	14 až 22"
	Průměr	420 až 630 mm
	Výška	150 až 300 mm
	Hmotnost	10 až 30 kg
Spotřeba energií	Plyn	0,4 kWh/kg Al
	Elektrina	0,037 kWh/kg Al

Tab.1 Informace o ŽP [5]

4.4 Popis zařízení a jeho funkce [5]

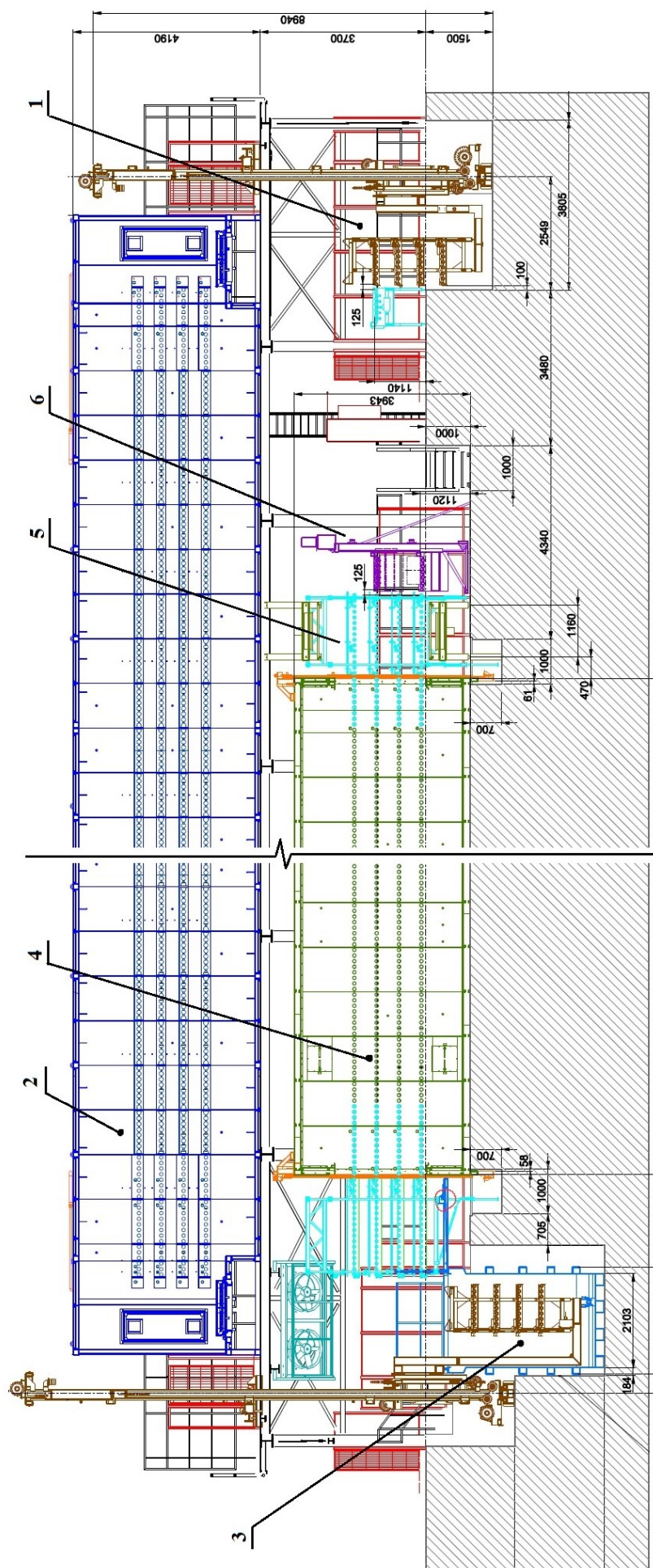
Zařízení slouží k tepelnému zpracování hliníkových kol za účelem zvýšení jejich povrchové tvrdosti a pevnosti. Žíhací pec k tomuto procesu využívá proces precipitačního žíhání.

Z procesního hlediska se proces žíhání dělí na tři kroky:

- Uvolňovací ohřívání.
- Kalení.
- Vydávání tepla (stárnutí).

Samotné zařízení se poté skládá z následujících šesti základních součástí. Jejich čísla odpovídají pozicím na obr.15:

- 1) Dopravní technika – vstup.
- 2) Uvolňovací ohřívací pec.
- 3) Kalicí bazén.
- 4) Pec vydávání tepla (stárnutí).
- 5) Vyfukovací (chladicí) zóna.
- 6) Dopravní technika – výstup.



Obr. 15 Schéma žilací pece Eisenmann [5]

Popis funkce:

- I. Poté, co odlitky projdou kontrolou a nezbytnou úpravou (odjehlení a odstranění nálitků) před samotným procesem žíhání, dojde k jejich naložení z dopravníkové techniky na vstupní zdviž. Ta vynese odlitky do uvolňovací ohřívací pece. Odlitky zde projíždějí, stejně jako v celé peci ve čtyřech patrech, po 4 až 5 kusech v jedné řadě. Průjezd pecí je zajištěn transportními válečky. Celý proces ohřevu odlitku v uvolňovací peci trvá zhruba 200 minut, při teplotě cca 540 °C.
- II. Po průjezdu odlitků ohřívací pecí následuje jejich prudké ochlazení. Opět pomocí zdviže jsou odlitky transportovány do kalícího bazénu, ve kterém se udržuje konstantní teplota 80°C a odlitky zde setrvávají zhruba 60 vteřin. Po vynoření z vody zůstávají kola dalších 60 vteřin pod ventilátory, které zajistí osušení kol a odtah páry.
- III. Opět přes dopravníkovou techniku jsou kola naložena do pece stárnutí. Princip je zde stejný jako v peci uvolňovacího ohřívání, jen se zde udržuje teplota na hodnotě okolo 150 °C a odlitky zde setrvávají po dobu zhruba 150 minut.
- IV. Na výstupu jsou vytvrzená kola ochlazená v tzv. vyfukovací zóně pod ventilátory na teplotu zhruba 70°C. Toto ochlazení probíhá z důvodu následné manipulace s odlitky na výstupní kontrole z žíhací pece.
- V. Posledním krokem je transport kol přes transportní dopravníky na další stanoviště výrobního procesu.

Uvolňovací pec, stejně jako pec stárnutí jsou rozděleny na oddělené sekce se samostatnými hořákovými agregáty s možností regulace. To nám zajišťuje rovnoměrnější chod a řízení funkcí žíhací pece.

Žíhací pec má dva přístupové body k ovládání. Prvním je počítač umístěný u výstupu kol z pece a tím druhým je přenosný ovládací panel. Oba disponují stejným systémem s možností přepínání mezi manuálním a automatickým režimem s detailním rozdělením pece, které umožňuje ovládání samostatných částí pece, až po ty nejmenší části. Této skutečnosti je často využíváno při řešení poruch, kdy si obsluha může rozpohybovat samostatné patro nebo tu sekci transportních válečků, kde vznikl problém.

5 ZHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU ŽÍHACÍ PECE

5.1 Péče o zařízení od spuštění do ostrého provozu

Stejně tak jako například nový automobil, nebo jakýkoliv jiný přístroj, se i žíhací pec po svém startu potýkala s počátečními problémy a poruchami, které při pohledu na Vanovou křivku (kapitola 2.3) lze jasně definovat v oblasti záběhu stroje. Od startu provozu bylo nejvíce péče věnováno zdviži kalícího bazénu. Veškeré válce zdviže, ložiska, řetězy i řetězová kola jsou zde vysoce namáhány nejenom teplotně ale také podmínkami ve kterých pracují. Jsou v přímém kontaktu s vodou, a to jak v kapalném skupenství, tak i plynném. S tím je úzce spjata skutečnost, kdy ze strany dodavatele došlo k pochybení. Celý výtah a jeho transportní válce byly poháněny prostým řetězem, bez jakékoliv povrchové úpravy. Ten již po pár týdnech provozu, díky působení okolního prostředí začal silně korodovat, což způsobovalo nemalé problémy a omezený provoz pece, až do jejich výměny za řetězy nerezové. Obsluha byla poučena o nutnosti každodenního mazání kritických součástí zdviže.

Nejčastějším problémem, se kterým se ve spojitosti s žíhací pecí setkáváme, je problém s transportními válci. Ty jsou totiž silně teplotně namáhány a v okamžiku kdy dojde k poruše a následnému zastavení pece a všech nosných válečků, začne mít společný vliv vysoké teploty a zatížení od transportovaných odlitků za důsledek průhyb válečků o několik jednotek milimetrů, v horších případech až 1 cm. Takový průhyb válce způsobuje problémy s transportací odlitků, jak si představíme dále.

V dubnu 2018 došlo k výměně více jak 200 transportních válců na vstupu odlitků do pece stárnutí. V této části pece válce s velkým průhybem způsobovaly nerovnoměrný transport kol, a jejich rozházení v celé délce pece. Což zapříčinilo velké problémy na výstupu, kde se projevil také problém s prašným prostředím, které způsobuje špatnou odezvu optických snímačů (popsáno v kapitole 5.4). To vše mělo za příčinu časté havárie, kdy odlitek tzv. „přešel“ snímač a skončil v oblasti zavírání vrat. Odlitek byl poté vraty sevřen a tím došlo k jejich poškození včetně okolních válců. Oba tyto problémy jsou již podchyceny. Po výměně válců v kritickém místě pece došlo k výraznému zlepšení transportu kol v peci stárnutí. Předáči pece pak byly poučeny o čištění snímačů.

Dále se podíváme na diagnostické metody, jakými lze vyhodnotit současný technický stav žíhací pece.

5.2 Diagnostické metody zjištění technického stavu pece

Jak již bylo popsáno na předešlých stránkách, ke zjištění technického stavu objektu se užívají metody technické diagnostiky. Mezi tři nejpoužívanější patří:

- vibrodiagnostika – měření a následné vyhodnocování vibrací
- tribodiagnostika – vyhodnocování olejů
- termodiagnostika – vyhodnocování tepelných informací

Z těchto metod můžeme pro naše použití okamžitě vyloučit tribologickou diagnostiku olejů, jelikož žíhací pec není vybavena žádným hydraulickým okruhem ani mazacím systémem, kde by bylo možné odebrat vzorek oleje, jakožto nositele informace o technickém stavu pece.

Termodiagnostika [5,6]

Podle smluvní dohody obou stran má plášť pece dosahovat maximální teploty 22 °C nad průměrnou teplotou okolí. Je zde samozřejmě nutné brát v potaz určité odchylky a tolerance, zde zvolené jako $\pm 5^\circ\text{C}$. Od spuštění pece byly provedeny celkem tři měření, za účelem zjištění skutečného stavu povrchové teploty pláště pece. Žíhací pec je vybavena celkem třemi snímači teploty okolí, které udávají klíčovou výchozí teplotu potřebnou pro porovnání se skutečnou teplotou povrchu.

Měření č. 1 bylo provedeno 15. 8. 2017 a průměrná teplota v okolí pece byla $T_{C1} = 41^\circ\text{C}$.

Měření č. 2 bylo provedeno 30. 8. 2017 a průměrná teplota v okolí pece byla $T_{C2} = 34^\circ\text{C}$.

Měření č. 3 bylo provedeno 10. 10. 2017 a průměrná teplota v okolí pece byla $T_{C3} = 30,5^\circ\text{C}$.

Maximální přijatelná hodnota teploty pláště se poté vypočte jako součet průměrné teploty okolí, přijatelné odchylky 22 °C a tolerance 5 °C. Výpočty a naměřené hodnoty jsou uvedeny na následující stránce.

Výpočet maximální dovolené teploty pláště:

$$T_{MAX1} = T_{C1} + T_{OD} + T_T = 41 + 22 + 5 = 68 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$T_{MAX2} = T_{C2} + T_{OD} + T_T = 34 + 22 + 5 = 61 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

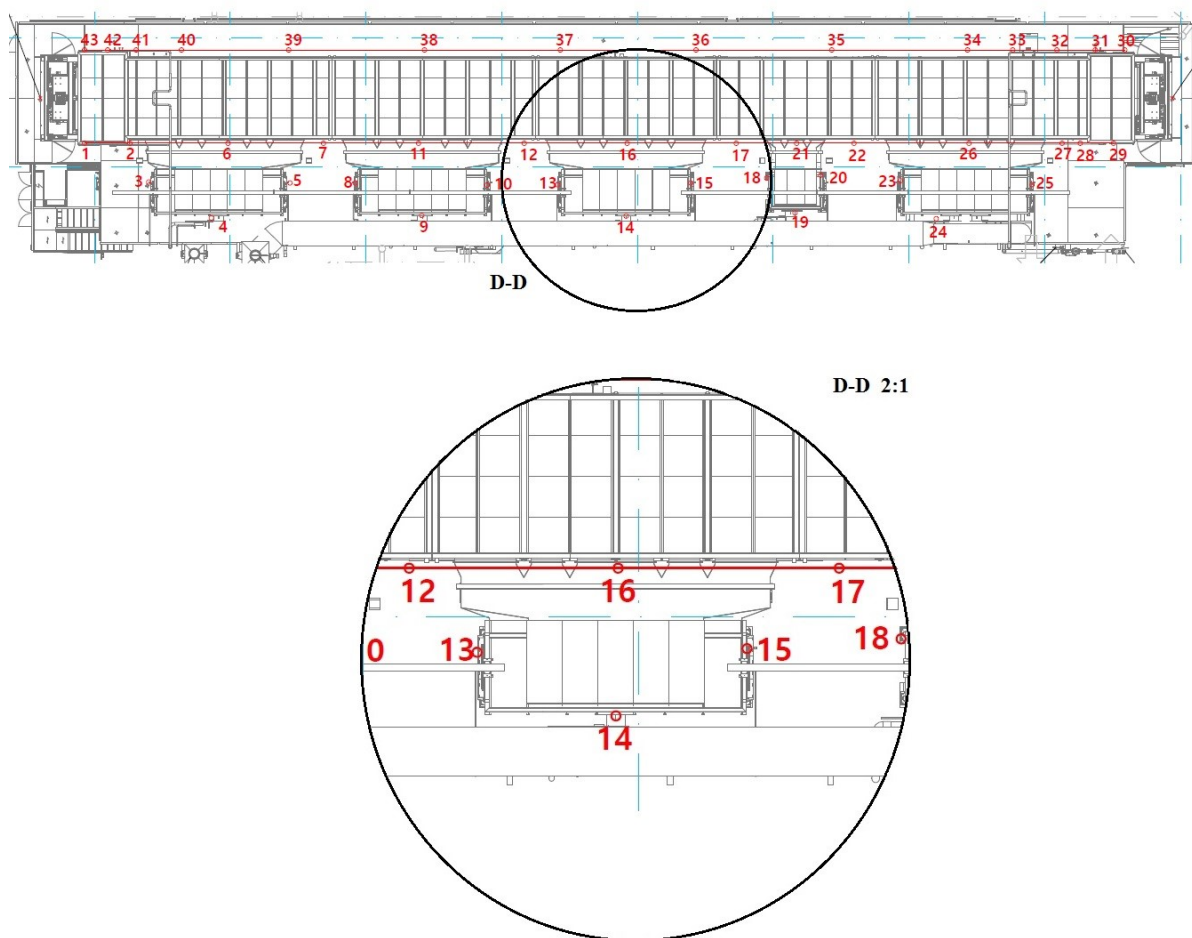
$$T_{MAX2} = T_{C2} + T_{OD} + T_T = 30,5 + 22 + 5 = 57,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Naměřené hodnoty [°C]						Naměřené hodnoty [°C]					
Poz.	1.	2.	3.	Průměr	Místo	Poz.	1.	2.	3.	Průměr	Místo
1.	64	70	55	63,0	Dveře	23.	60	59	54	57,7	Hořák
2.	54	57	51	54,0	Pec	24.	55	59	54	56,0	Hořák
3.	64	51	60	58,3	Hořák	25.	55	52	55	54,0	Hořák
4.	58	55	56	56,3	Hořák	26.	85	84	75	81,3	Pec
5.	67	50	68	61,7	Hořák	27.	63	65	62	63,3	Pec
6.	93	90	85	89,3	Pec	28.	78	92	97	89,0	Pec
7.	69	64	66	66,3	Pec	29.	59	65	65	63,0	Dveře
8.	65	61	55	60,3	Hořák	30.	50	60	52	54,0	Dveře
9.	65	63	58	62,0	Hořák	31.	53	53	50	52,0	Pec
10.	80	53	82	71,7	Hořák	32.	59	64	44	55,7	Pec
11.	95	90	80	88,3	Pec	33.	53	56	56	55,0	Pec
12.	70	69	68	69,0	Pec	34.	51	60	53	54,7	Pec
13.	72	70	54	65,3	Hořák	35.	64	64	57	61,7	Pec
14.	53	55	52	53,3	Hořák	36.	54	66	54	58,0	Pec
15.	61	51	58	56,7	Hořák	37.	63	65	58	62,0	Pec
16.	90	87	82	86,3	Pec	38.	53	55	57	55,0	Pec
17.	69	66	64	66,3	Pec	39.	61	63	57	60,3	Pec
18.	64	64	57	61,7	Hořák	40.	53	53	55	53,7	Pec
19.	63	63	62	62,7	Hořák	41.	79	76	57	70,7	Pec
20.	69	59	72	66,7	Hořák	42.	52	55	55	54,0	Pec
21.	77	76	72	75,0	Pec	43.	57	62	49	56,0	Dveře
22.	67	66	64	65,7	Pec						

Tab.2 Teplota pláště žihací pece [6]

Na peci bylo definováno celkem 43 měřících míst, po obvodu celé uvolňovací pece. Pec stárnutí nebyla pro měření teploty povrchu pláště brána v úvahu, jelikož pracuje s podstatně nižší teplotou. V tabulce 2 je přehledně a barevně vyznačeno, ve kterých místech, a při kterém měření byla teplota překročena, a tedy neodpovídá stanoveným mezím ve smlouvě.

Především poté v měřících místech 6, 11, 16 a 26 byly naměřeny teploty výrazně vyšší než ty dovolené. Při pohledu na konstrukci pece je poměrně jasné proč právě tato místa vykazují tak vysoké hodnoty. Jedná se o servisní místa přesně mezi pecí a hořákovou technologií, která musí být přístupná pro případ poruchy nebo například pro plnění pokynů mazání. Prostor je to poměrně úzký, není zde nijak řešena cirkulace nebo odvod teplého vzduchu.



Obr. 16 Měřící místa teploty pláště [6]

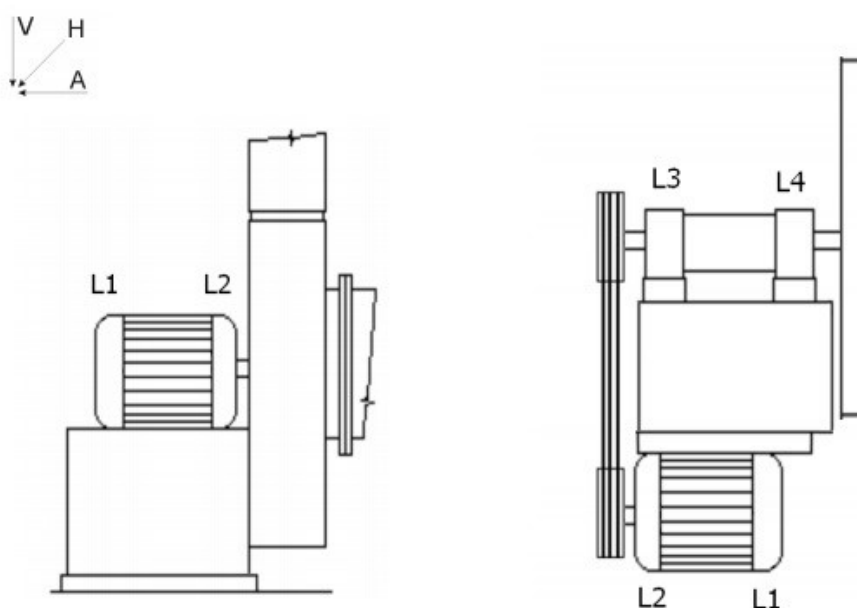
Zde na obrázku 16. lze sledovat rozložení měřících bodů pláště, včetně detailního pohledu na jedno z kritických míst. Body 13 a 15 značí měřící body přímo na ventilátorech, 14 je umístěn na vnějším plášti hořákového agregátu. Bod 16 je jedno z již zmíněných kritických míst.

V současnosti je celá záležitost pláště žihací pece v řešení s jejím dodavatelem a nadcházející letní odstávce bude tento problém aktivně řešen dvěma způsoby.

- 1) Na pec bude nanesen termo izolační nástřik, který sníží povrchovou teplotu zamezí únikům tepla. Díky tomu lze také očekávat snížení nákladů za energie.
- 2) V průchodech mezi pecí a hořáky budou nainstalovány ventilátory pro odvod horkého vzduchu, což bude mít pozitivní vliv především na práci v blízkosti pece.

Vibrodiagnostika

Pec je vybavena celkem osmi hořákovými agregáty. Tři jsou umístěny na boku sušící pece, zbylých pět se zajišťuje potřebnou teplotu v uvolňovací peci. Každý z těchto agregátů je vybaven ventilátorem. Tyto ventilátory pracují v nepřetržitém režimu při vysokých otáčkách a jsou tedy ideálním kandidátem pro použití metody technické diagnostiky, především té vibrační. Po konzultaci s vedoucími pracovníky údržby u příležitosti spuštění pece do provozu navržen čtvrtletní plán vibrodiagnostické kontroly ventilátorů hořákových agregátů a ventilátoru rozvodu vzduchu. Hořákové agregáty 1, 3, 4 a 5 jsou vybaveny vždy dvěma ventilátory, zóna 2 pouze jedním, jelikož slouží k cirkulaci odpadního vzduchu. Toto kontrolní měření je zprostředkováno přes externí firmu. První měření vibrací proběhlo 16. srpna 2017, během testování pece. Měřicí body na ventilátorech jsou znázorněny na následujícím obrázku. Vlevo je schéma ventilátoru sušící pece, vpravo poté uvolňovací pece.



Obr.17 Schéma měřících bodů ventilátorů [6]

Značení měřených směrů:

- H – horizontální směr
- V – vertikální směr
- A – axiální směr

Měření bylo prováděno za plného provozu a při provozních otáčkách. Naměřené hodnoty a jejich vyhodnocení pomocí analýzy spekter bylo provedeno pomocí technologií Rockwell Automation (IRD MECHANALYSIS, INC.). [6]

Vibrace ventilátorů jsou hodnoceny dle platné normy ČSN 12 2011. Vyhodnocovanou veličinou je efektivní hodnota rychlosti vibrací v_{ef} [mm/s]. Norma platí pro posuzování jakosti chodu radiální i axiálních ventilátorů spojených s elektromotorem přímo nebo pomocí spojky či klínového řemenu, jejichž celková hmotnost je větší než 1 kg a frekvence otáčení se pohybuje v rozsahu 5 s^{-1} až 200 s^{-1} . [11]

Rozhraní pásem dle ČSN 12 2011						
Výkon	do 15kW		15 ÷ 75kW		75 ÷ 300kW	
Uložení	Tuhé	Pružné	Tuhé	Pružné	Tuhé	Pružné
Pásmo A [mm/s]	do 1,8	do 2,8	do 2,24	do 3,55	do 2,8	do 4,5
Pásmo B [mm/s]	do 4,5	do 7,1	do 5,6	do 9,0	do 7,1	do 11,2
Pásmo C [mm/s]	do 7,1	do 11,2	do 9,0	do 14,0	do 11,2	do 18,0
Pásmo D [mm/s]	nad 7,1	nad 11,2	nad 9,0	nad 14,0	nad 11,2	nad 18,0

Obr.18 Rozhraní vyhodnocení efektivní hodnoty rychlostí vibrací [11]

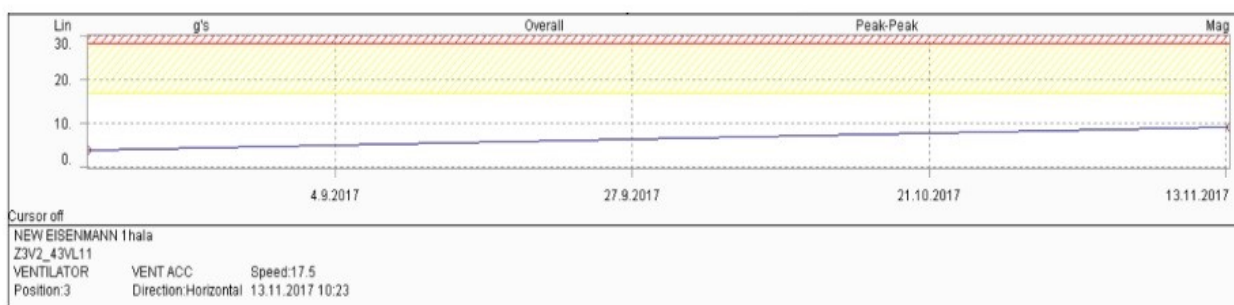
Hořákové agregáty zón uvolňovací pece 1, 3, 4 a 5 jsou vybaveny vždy dvěma ventilátory, zóna 2 pouze jedním, jelikož slouží převážně k cirkulaci odpadního vzduchu. Odtud poté vychází značení Z1V1 = Zóna 1, Ventilátor 1. Všechny měřené ventilátory se svým výkonem pohybují v rozsahu 15 až 75 kW.

Celkový technický stav		PROVOZNÍ				ZHORŠENÝ				NEPŘÍPUSTNÝ			
ŽÍHACÍ PEC EISENMANN hala 1		vibrace				ložiska/mazání							
		L1	L2	L3	L4	L1	L2	L3	L4				
Z1V1_41VL1	– zóna 1												
Z1V2_41VL11	– zóna 1												
Z2V1_42VL1	– zóna 2												
Z3V1_43VL1	– zóna 3												
Z3V2_43VL11	– zóna 3												
Z4V1_44VL1	– zóna 4												
Z4V2_44VL11	– zóna 4												
Z5V1_45VL1	– zóna 5												
Z5V2_45VL11	– zóna 5												
71VL1	– sušící zóna 1												
71VL11	– sušící zóna 1												
31VL1	– rozvod vzduchu												
72VL1	– sušící zóna 2												
72VL11	– sušící zóna 2												
73VL1	– sušící zóna 3												

Obr.19. Výsledky prvního měření vibrací ventilátorů [6]

Pro zobrazení výsledků měření byla vytvořena přehledná tabulka všech měřených ventilátorů s barevným vyznačením technického stavu, do které jsou zaznamenány výsledky každého měření, společně s textovým popisem. Výsledky jsou k vidění na obr. 19, a je z nich patrné, že vibrace ve všech naměřených místech odpovídají provozním hodnotám stanoveným v normě ČSN 12 2011. Při měření šlo pozorovat drobné odchylky, které lze přisuzovat záběhu zařízení, respektive jejich ložisek.

Druhé měření proběhlo dne 13. listopadu 2017. Záběh ložisek již není nadále možný detekovat, ale z výsledků měření lze pozorovat možný vznikající problém na ventilátoru Z3V2 hořákového agregátu ve třetí zóně uvolňovací pece v horizontální ose pozice L3. Nárůst celkových hodnot vibrací je patrný na obr. 20. Doporučením bylo podrobné sledování možného problému.

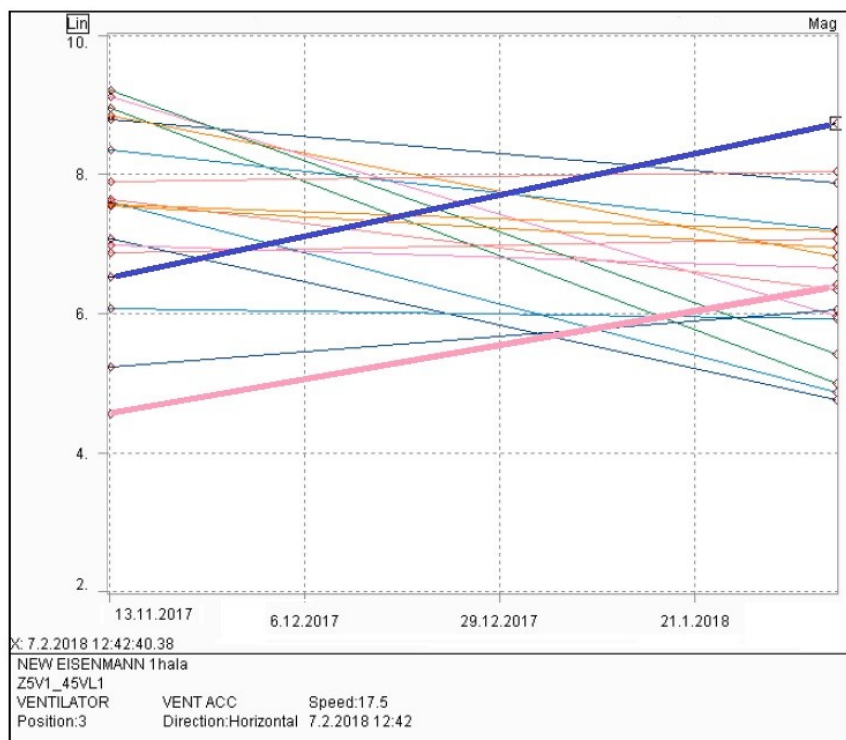


Obr. 20. Zhoršující se trend hodnoty zrychlení vibrací ventilátoru v bodě L3 [6]

Zatím poslední plánované měření vibrací proběhlo v únoru 2018. Zhoršující se trend hodnoty vibrací na ventilátoru Z3V2 již není detekovatelný a trend jeho vibrací klesá. Naopak se zde projevuje mírný nárůst u Z4V2 a Z5V1, jak lze sledovat na obrázku níže (obr. 21) kde jsou vyobrazeny trendy celkových hodnot zrychlení vibrací ze všech měřených míst L3.

Vysvětlením těchto naměřených trendů, kdy na jedné straně od posledního měření došlo k poklesu trendu zrychlení vibrací u Z3V2 a na druhé straně k jejímu navýšení u Z4V2 a Z5V1, můžeme hledat především v nastaveném plánu mazání ložisek ventilátorů a jeho správnosti, v opačném případě nekvalitou provedení a nedodržením předepsaných intervalů. Nelze ovšem ani vyloučit možnost skutečného rodícího se defektu. To však můžeme s určitostí rozhodnout až po vyhodnocení následného čtvrtletního měření. Ventilátor je tedy zatím schopen trvalého provozu bez jakéhokoliv omezení, je však nutno se řídit

doporučením zhotovitele měření, a tedy podrobně dané zařízení sledovat do následujícího měření.



Obr. 21 Výsledky třetího měření

5.3 Zhodnocení technického stavu žíhací pece

Žíhací pec je v provozu již necelý rok., a už samotná skutečnost, že stále nedošlo k oficiálnímu předání zákazníkovi ze strany dodavatele vypovídá a problematosti celé situace. Pec nedosahuje proklamované kapacity a v některých místech, z důvodu vysokých teplot, značně ztěžuje práci, či jen pohyb v blízkém okolí pece, jak dokládají výsledky měření teploty povrchu pláště. Obě strany samozřejmě vše intenzivně řeší. Pozitivní správou jsou výsledky měření vibrací na ventilátorech hořáků. Zatím byly provedeny pouze tři měření. První odhalilo pouze lehce zvýšené hodnoty zrychlení vibrací na ložiscích, především díky jejich záběhu. Při druhém a třetím měření již můžeme pozorovat lehce se zhoršující průběhy trendů vibrací, ale stále se pohybujeme v rámci provozních hodnot, určených dle ČSN 12 2011. Tyto zvýšené hodnoty přisuzuji nedodržování stanovených intervalů při mazání.

Pokud se podíváme na veškeré údržbářské úkony, které jsou součástí preventivního plánu, pak je třeba objektivně a zcela jasně deklarovat, že preventivní údržba zatím nedosahuje takové kvality, jaké by měla. Potenciál pro její zlepšení je zde veliký. Pravdou tedy je, že vytipovaná kritická místa jsou udržována dle pokynů. Konkrétně jde o mazání součástí výtahu kalícího bazénu, které probíhá každý den z již uvedených důvodů provozu ve velmi náročném prostředí. Dále čištění optických snímačů a odrazek, z důvodu vysoké prašnosti v okolí, tomuto problému se budu věnovat dále. V neposlední řadě probíhá pravidelná kontrola provozuschopnosti ventilátorů hořákové technologie pomocí metod technické diagnostiky.

Ovšem co se týče ostatních míst a částí pece, které se zatím jeví jako bezproblémové a schopné trvalého provozu, tak těm péče zatím z velké části chybí. A pomalu se to na nich začíná projevovat. Je to pomalu stupňující se problém, jehož důsledky lze zatím jen těžce předpovídat, ovšem budou i nadále ignorovány, vzniklá škoda může mít nedozírné následky. Bohužel z důvodu vysokého tlaku vedení společnosti především na výrobu samotnou, v současnosti jednoduše není prostor pro zlepšení péče o zařízení.

Vše se odvíjí od výrobní kapacity, kdy společnost není schopna dosahovat takových výsledků, které by umožnily zajištění pravidelných odstávek žíhací pece, vždy alespoň na několik hodin. Dalším vlivem zodpovědným na současný stav žíhací pece byla absence vedoucího pracovníka zodpovídajícího za proces žíhání, kdy tato pozice byla obsazena teprve k prvnímu květnu 2018, stejnou měrou se poté na technickém stavu podepisuje také nedostatek pracovní síly. S tímto se však v současné době potýká drtivá většina výrobních podniků na území celé České republiky.

Za oddělení údržby, byl zde prezentovaný plán preventivní údržby pece, předán k seznámení vedení oddělení slévárny a po konzultaci s mistry výroby a předáky pece, bude kladen větší důraz na dodržování stanovených intervalů odstávek a provádění úkonů preventivní údržby.

V následující kapitole si tento plán blíže představíme.

6 NÁVRH ŘEŠENÍ PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

6.1 Postup návrhu preventivní údržby

Do firmy, kde jsem zpracoval tuto diplomovou práci, jsem nastoupil v době výstavby pece. Už v té době jsem byl odhodlán právě na ni postavit svou závěrečnou práci. Na vytvoření preventivního plánu údržby jsem tedy pracoval, kromě dalších věcí, už od mého nástupu. Jednou z prvních věcí, kterou jsem se zabýval bylo vytvoření seznamu náhradních dílů.

Po jeho dokončení jsem se aktivně účastnil validačního testování, školení předáků žíhací pece společně se zástupci oddělení údržby ohledně obsluhy pece a bezpečnostních pokynů v jejím blízkém okolí. Zhruba se startem ostrého provozu pece jsem začal zpracovávat dokumentaci poskytnutou od dodavatele, zabývající se plánem mazání. Vznikl tak prvotní seznam pokynů, jak o nové zařízení pečovat. Od té doby došlo k několika úpravám a rozšířením o další kroky kontroly a čištění, až do současné podoby komplexního plánu preventivní údržby, který zde prezentuji.

6.2 Seznam náhradních dílů

Prvním z kroků, který byl proveden ještě v době výstavby žíhací pece, bylo vyspecifikování náhradních dílů dle seznamu, poskytnutého od dodavatele, a následné předání oddělení nákupu, který provedl samotnou objednávku a naskladnění dílů.

Ze seznamu byly záměrně vyškrtuty díly, které pro firmu, popřípadě pro samotný chod žíhací pece neměly vážný strategický význam, jako například kompletní vstupní dopravník i s měřícím stolem, který byl v provozu jen do cca listopadu 2017, kdy byl zcela nahrazen dopravníkovou technikou Siepe, dodavatele nové dopravníkové dráhy celého oddělení slévárny. Takových dílů se našlo více, ať už jde o hořákovou techniku nebo izolační materiál a zdivo pece. Dalším důvodem byla také skutečnost, že část materiálů a dílů použitých při výstavbě pece dodavatel zbyla. Kromě zajištění strategických náhradních dílů pro případné výměny, tedy došlo i k výraznému snížení nákladů, jelikož firma je schopna si zajistit například již zmíněné hořákové díly od svých osvědčených dodavatelů, za výrazně nižší cenu.

6.3 Mazací plán

Mazací plán se zabývá pokyny k mazání žihací pece. První návrhy preventivní údržby byly založeny výhradně mazacím plánem. Jeho prvotní verze byla zajištěna od dodavatele, avšak pouze v německé a anglické verzi, v nepřehledné formě popisků přímo ve výkresu pece. Byl tedy vypracován podrobný seznam činností, včetně typů použitého maziva a slovních pokynů, doplněný o obrázky pro větší přehlednost. Tento soupis tak lze brát jako takový návod a vizuální podporu, při provádění mazání.

Společnost:	MAZACÍ PLÁN	POPIS URČEN PRO PRACOVISTĚ: ŽIHACÍ PEC EISENMANN	ZNaky 
		VÝROBNÍ OPERACE: ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ	STRANA: 1 / 13
ČÍSLO: 103 553			KOPIE Č.

ZDVIŽ KALÍČHO BAZÉNU



Řetězy válečkových dopravníků

- Nastříkat sprejem Rivolta S.K.D. 3000
- (OST 01112200016)

Ložiska válečkových dopravníků

Namazat plastickým mazivem
Urethyn E2

- (OST 0553000274)

Pokyny:

- řetězy i ložiska musí před provedením operace suché
- po vytažení z kalíčiho bazénu tedy nechat zdviž alespoň 10 minut schnout
- po namazání nechat zdviž alespoň 10 minut ve vytažené pozici, pro zajištění penetrace maziva do řetězů

Obr.22 Jedna z předepsaných operací mazacího plánu [autor]

Mazání zabírá v preventivním plánu největší část. Jak už bylo popsáno výše, pec lze definovat jako jeden velký systém válečkových dopravníků. Takže je plný hnacích řetězů, ložisek a uložení konců válečků, ať už v ložiskových domcích nebo volně na hnané straně válečku. Všechna tato místa mají svůj vliv na celkovou provozní spolehlivost pece.

Rozsah činností v oblasti mazání pece je tedy poměrně široký, stejně jako jejich časová náročnost. Za účelem snížení celkového času odstávek a usnadnění a zvýšení efektivity práce, probíhá v současné době návrh řešení automatických maznic pro hůře přístupná místa, jako jsou například ložiska nosné hřídele řetězového kola na vrcholu obou výtahů, a místa s potřebou častého mazání, jako již zmíněné řetězy výtahu kaliciho bazénu.

6.4 Čistící plán

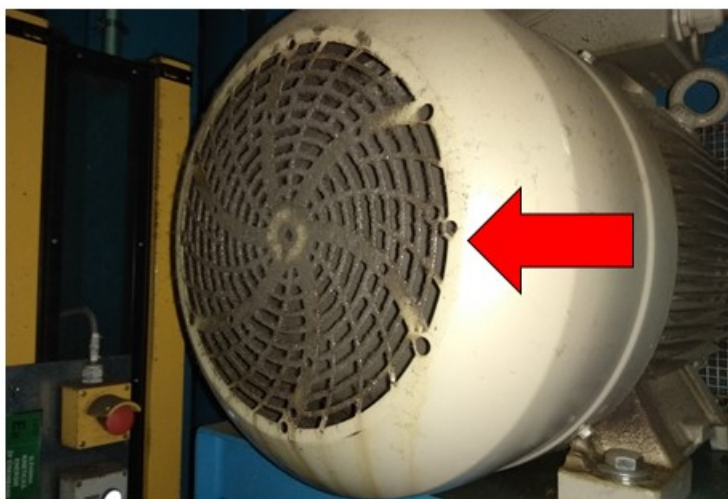
Jedním z problémů, který se objevil až v průběhu provozu, a ze strany dodavatele žíhací pece nebyl brán v úvahu, je prašnost a celkové znečištění ovzduší na hale. Jelikož hala není nijak oddělena, potkávají se v jednom prostoru slévárna s obrobnou, kdy žíhací pec je umístěna přesně mezi nimi, logicky díky jejímu postavení ve výrobním procesu. Tavící pece na slévárně, produkují velké množství poléťavého prachu. Obráběcí centra zase produkují olejovou mlhu, která je, i přes systém odsávání, v ovzduší haly znatelná.

Bylo tedy potřeba brát tyto faktory v úvahu při sestavování preventivní údržby, jelikož se projeví v průběhu záběhu zařízení. Projevy takového znečištění lze snadno pozorovat především na vzduchovém filtru ventilátoru přívodního vzduchu, nebo například na usazených nečistotách na chladících mřížích pohonů ventilátorů viz obrázek 23.

Velkým problémem se poté tato prašnost ukázala být u optických snímačů přítomnosti kola, především na výstupu z pece. Kde snímače často kolo nezaznamenaly, což vedlo k občasným haváriím, popřípadě naopak hlásily přítomnost kola neustále, což vedlo k prostojům. Jako řešení všech těchto problémů, byl navržen plán čištění. Snímače včetně odrazek jsou preventivně čištěny několikrát do týdne, kdy za tuto činnost zodpovídá předák žíhání. Každý z předáků byl poučen, aby preventivně několikrát do týdne zkontroloval funkčnost a čistotu optických snímačů a stejně tak reflexních odrazek tak, aby k podobným problémům již nedocházelo.

Společnost:	ČISTÍCÍ PLÁN	POPIS URČEN PRO PRACOVISTĚ: ŽÍHACÍ PEC EISENMANN	ZNAKY 
		VÝROBNÍ OPERACE: ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ	STRANA: 3 / 5
ČÍSLO: 101 553			KOPIE Č.

POHONY VENTILÁTORŮ – OBĚ PATRA ŽP



Čištění chladicích mříž

- Vysát průmyslovým vysavačem
- Očistit případné další nečistoty

Obr. 23 Jedna z předepsaných operací čistícího plánu [autor]

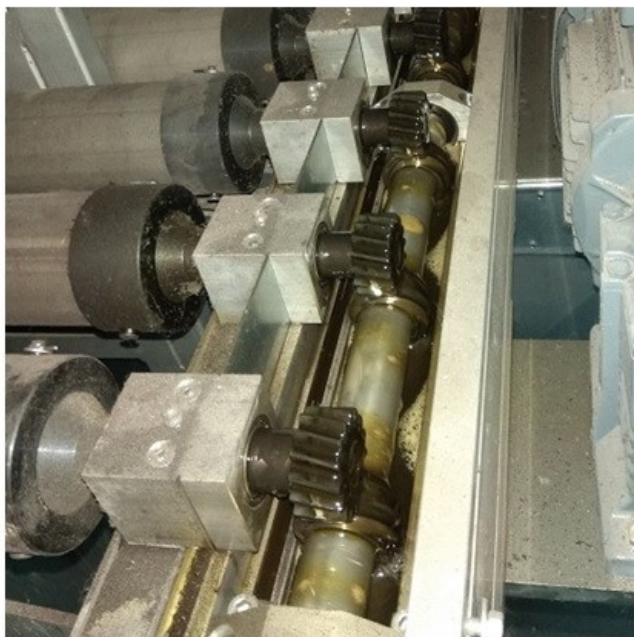
6.5 Kontrolní plán

Posledním zpracovaným krokem při návrhu preventivní údržby bylo vytvoření plánu kontroly. Zde se seznam pokynů a činností rozrostl o kontrolu napnutí hlavního i havarijního řetězu zdviže či například o kontrolu výšky hladiny oleje u šneků hnací hřídele válečkové trati pece. Jak je patrné z obrázku 24, kontrola probíhá ve většině případů vizuálně a nejsou k ní potřeba žádné pomůcky. Teprve po zjištění neshody je třeba začít jednat.

Další důležitou součástí je poté pravidelná vizuální kontrola stavu válců všech výtahů pece a válců v prostoru okolo vstupních a výstupních vrat z pece stárnutí. Tyto válce se v průběhu provozu ukázaly být velmi namáhány a velmi často jsou měněny z důvodu velkých průhybů a celkové deformace vzniklé ať už mechanickým poškozením nebo teplotním namáháním. Vizuální kontrola v podstatě nezabere žádný čas a slouží především k ověření vhodného technického stavu. V případě odhalení poškození válců předáci informují mistry výroby nebo přímo oddělení údržby a následně se plánuje odstávka za účelem jejich výměny.

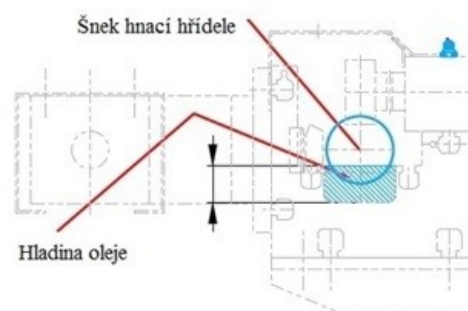
Společnost:	KONTROLNÍ PLÁN	POPIS URČEN PRO PRACOVÍŠTĚ: ŽÍHACÍ PEC EISENMANN	ZNAKY 
		VÝROBNÍ OPERACE: ÚDRŽBA ZAŘÍZENÍ	STRANA: 2 / 6
ČÍSLO: 102 553			KOPIE Č.

KONTROLA HLADINY OLEJE - šnek hnací hřídele



Vizuální kontrola stavu hladiny oleje

- v případě nízké
hladiny doplnit olej
Rivolta S.K.M. 171
(OST 05530002338)



Obr.24 Jedna z předepsaných operací kontrolního plánu [autor]

Nedílnou součástí kontrolního plánu jsou také již představená kontrolní měření vibrací externí firmou, prováděná ve čtvrtletních intervalech.

7 PLÁN PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

Z již představených plánů vzešel komplexní návrh řešení preventivní údržby žíhací pece. Přes několik pracovních verzí a ve spolupráci s kolegy a vedoucím této diplomové práce se plán ustálil v jeho současné, zde prezentované podobě.

7.1 Představení plánu údržby

V této kapitole si detailně představíme a vysvětlíme členění archu plánu preventivní údržby, který je k nahlédnutí ve formátu A3 na následující stránce.

Operace:

Číselný seznam, sloužící čistě k lepší orientaci mezi činnostmi v plánu. Pro lepší přehlednost je umístěn jak na začátku, tak i na konci archu.

Celek, díl a součást:

Seznam byl vytvořen v pořadí tak, aby kopíroval cestu odlitku skrz celý proces žíhání. Začíná tedy v místě nakládky odlitků, přes transportní výtah nakládky až do uvolňovací pece a její celou trasu. Pokračuje přes kalící bazén, pec stárnutí a vykládku kol. Veškeré celky, jsou podrobně rozdělena na díly, tedy dopravníky, snímače, pohony atd. a následně na jejich konkrétní součásti jakými jsou například ložiska, řetězy, filtry, snímače apod.

Popis činnosti a typ úkonu:

Všechny součásti mají jasně definovanou činnost, kterou má obsluha pece, nebo člen týmu údržby provést. Pro bližší informace a pokyny byly vytvořeny konkrétní plány mazání, čištění a kontroly, představené v kapitole 6. Typ úkonu poté specifikuje, o kterou činnost jde, tedy do kterého plánu lze v případě potřeby nahlédnout.

Interval a jeho grafické znázornění:

Určuje četnost opakování provádění činností v týdnech. Toto opakování je uvedeno jak číselně, tak i graficky pomocí barevného znázornění. Celý rok 2018 byl rozdělen do 52 týdnů, a operace jsou zaznačeny v daném týdnu, kdy má k jejich provedení dojít.

Plán preventivní údržby žíhací pece Eisenmann ALU 1 pro rok 2018

[illegible]

Obr. 25 Návrh preventivní údržby žíhací pece [autor]

Pozornost je třeba věnovat operaci číslo 25, mazání hnacích řetězů dopravníků zdviže kaliciho bazénu. Tato operace jako jediná v navrhnutém plánu počítá s intervalem v hodinách, konkrétně jednou za 24 hodin, většinou tuto činnost provádí ranní směna. V písemném i grafickém zápisu se tato skutečnost zvýrazněna.

Číslo náhradního dílu / maziva

Zde je uvedeno skladové číslo odpovídajícího náhradního dílu nebo druhu maziva, které je k vykonání dané činnosti potřeba použít. Je zde uvedeno především pro usnadnění operací preventivního plánu, kdy není třeba složitě hledat potřebný díl v seznamu náhradních dílů.

Časová náročnost:

Udává dobu v minutách, potřebnou k provedení předepsané činnosti. Časové údaje jsou především orientační, založené čistě na zkušenostech a přehledu pracovníků údržby. Žádné údaje o časové náročnosti prováděných pokynů nebyly ze strany dodavatele dodány.

V odstávce:

Určuje činnosti, které je možno, popřípadě nutno, vykonávat během provozu zařízení, nebo naopak pouze při plánované odstávce. Značení je jednoduché A – jako ANO v odstávce. N – jako NE, není třeba provádět operaci při odstávce.

Podpisový řádek

Ke kontrole provedených činností poté slouží podpisový řádek, kde svým podpisem pověřená zodpovědná osoba, potvrdí skutečnost a správnost provedených pokynů.

7.2 Návrh využití CMMS pro preventivní údržbu

Vytvoření těchto plánů čištění, mazání a kontroly a z nich vycházející plán preventivní údržby žíhací pece, lze velmi snadno považovat za jeden z kroků zavádění metody TPM do provozu, jelikož právě preventivní a autonomní údržba patří mezi pilíře této metody, kdy tím poledním je neustálé zlepšování a zdokonalování. A zde, u představeného návrhu preventivní údržby můžeme za další krok vedoucí k jeho zdokonalení považovat využití CMMS informačního systému.

K tomuto účelu je možné využít již zavedený systém Maintenance control od společnosti Act-In, který ve výrobní společnosti, kde byla tato diplomová práce zpracována, funguje již několik let. Je to hlavní zdroj informací o údržbářské činnosti v celé firmě. Každý zásah do zařízení či jeho oprava je zde evidována, se všemi potřebnými detaily od popisu poruchy a jeho řešení, až po celkové i dílčí prostoje na stroji. Těchto údajů se dá velmi dobře využít například pro analýzy poruchovosti a prostojů zařízení.

Aplikace od Act-in má modulární strukturu, což zákazníkům dovoluje vybrat si z široké nabídky možného dalšího využití ke kompletní správě a údržbě hmotného majetku společnosti a jeho cyklu života. Jedním z již zabudovaných modulů, který je pro oddělení lakovny již plně funkční, je i modul plánované údržby, který umožňuje vytvářet a sledovat plány preventivní údržby stejně jako automaticky generovat pracovní příkazy pro pracovníky údržby. [17]

K tomuto kroku, ovšem povede ještě dlouhá cesta. V první řadě bude potřeba stabilizovat výrobu na slévárně tak, aby bylo vůbec možné dodržovat předepsané intervaly a umožnit obsluhu a pověřeným pracovníkům údržby věnovat se činností uvedeným v preventivním plánu údržby. I přes značnou snahu napříč několika odděleními výroby, včetně samotných předáků pece, toto zatím nebylo v plné míře umožněno. Což vzhledem ke skutečnosti, že žíhací pec je považována za jedno z kritických míst ve výrobě, protože její činnost není možné v případě poruchy nijak nahradit, lze považovat za špatný přístup. S patřičnou preventivou a pravidelností se dodržují jen některé z pokynů, jiné se provádí reaktivně, tedy až ve chvíli, kdy lze sledovat rodící se problémy, popřípadě poruchy. Pakliže chceme dosáhnout maximální provozní spolehlivosti zařízení, je dodržování plánu preventivní údržby žíhací pece naprosto nezbytné.

Dalším podstatným krokem k plnému zavedení představeného plánu bude komunikace napříč odděleními, za účelem co možná nejbližšího bližšího seznámení s plánem údržby s osobami zodpovědnými za provoz pece i slévárny. Především poté s předáky pece a její další obsluhou ohledně konzultace navržených prací, rozdělením činností mezi obsluhu a údržbu a jejich případným zdokonalením. Teprve poté můžeme začít přemýšlet nad vytvořením preventivního plánu v informačním systému Act-In, s automatickou tvorbou pracovních příkazů.

8 ZÁVĚR

Cíle této diplomové práce bylo, navrhnout řešení nasazení plánu preventivní údržby žíhací pece. V úvodní, teoretické části se snažím vše postupně vysvětlit, tedy začínám samotnou údržbou, jejím významem a cíli. Nabídnou také pohled do historie na vývoj systémů údržby, od prvotní opravy po poruše, až po dnešní dobu a její nejmodernější trendy v jejím řízení a také moderní metody technické diagnostiky.

Dále se věnuji procesu žíhání hliníkových materiálů. Dojde k rozdělení slitin hliníku, kdy je vyspecifikován konkrétní materiál používaný v této společnosti. Důležitým krokem pro následné pochopení účelu žíhací pece, je vysvětlení jejího postavení ve výrobním procesu litých hliníkových kol pro osobní automobily, kterými se výrobní společnost zabývá. Dále pokračuji vysvětlením procesu žíhání, jeho typů a principů. Následně již dojde k představení samotné žíhací pece, včetně její historie výstavby a její detailní představení s vysvětlením funkcí. Vše je doplněno obrázky a schémata pro lepší pochopení.

Teoretická část je posléze zakončena zhodnocením současného technického stavu pece. Na začátku zhodnotím možnosti využití metod technické diagnostiky, a vybrané následně aplikuji. První z nich je metoda termodiagnostiky, tedy vyhodnocování teplotních informací. Je zde představena analýza hodnotící teplotu povrchu pláště, která přesahuje dovolené hodnoty, dle smluvní dohody, a jejíž důsledky se budou v budoucnu intenzivně řešit ze strany dodavatele. Druhá analýza se poté zabývá vyhodnocováním vibračních signálů na ventilátorech, a jejich pohonů, hořákových agregátů. Zde byl navržen plán preventivní kontroly měřením vibrací, prováděným externí firmou. Jsou zde prezentovány výsledky měření, která odhalila v prvním případě výchylky v důsledku záchvěvu zařízení, a při následných kontrolách v několika místech zvyšující se trend hodnoty zrychlení vibrací. Nedosahuje však hodnot nutných výraznějšího zásahu. Ve výsledku je kladen větší důraz na pravidelnost a správnost mazání ložisek zařízení. Na konci této kapitoly přináším krátké zhodnocení celkového technického stavu zařízení.

V praktické části se již plně věnuji návrhu plánu preventivní údržby a detailně vysvětlím kroky vedoucí ke vzniku prezentovaného návrhu. Při návrhu jsem vycházel předně z informací a materiálů poskytnutými dodavatelem pece, dále také ze zkušeností pracovníků údržby a v neposlední řadě také rodícími se problémy odhalenými až v průběhu provozu.

Mezi ně patří především vysoká prašnost v okolí pece, která se prokazatelně podílela na již několika odstávkách a poruchách.

Všechny tyto informace vedly ke vzniku mazacích, čistících a také kontrolních plánů. Tyto dokumenty obsahují specifikace údržbářských činností včetně fotografií konkrétních míst, označením náhradního materiálu a pokynů, jak je možno vidět na přiložených snímcích. Tyto konkrétní plány lze brát jako jisté návody pro údržbu pece. Z nich posléze čerpá plán preventivní údržby žíhací pece.

Poslední částí této diplomové práce je představení návrhu řešení preventivní pece. Celý arch je podrobně vysvětlen a na konci najdeme zamyšlení, jak v budoucnu propojit již fungující informační systém Maintenance Control od společnosti Act-In s navrženým plánem údržby.

Závěrem je potřeba říci následující. Aby zde představený návrh řešení nasazení preventivní údržby byl funkční a plnil svůj smysl, bude třeba zapojit pracovníky napříč výrobou včetně vedoucích jednotlivých oddělení a společným úsilím se zasadit o nekompromisní dodržovaných stanovených odstávek a vykonáním předepsaných činností. Jde o nové zařízení a kritické místo v procesu výroby litých kol, jehož plánovaná životnost se očekává minimálně 10 let. Proto je třeba o něj důsledně pečovat. Současné prováděné akce v rámci preventivní údržby, ať už jde o vibrační diagnostiku nebo mazání kritických míst pece, považuji za nedostatečné. Důvody vedoucí k současnému stavu, které objasňují proč jsou tyto akce nedostatečnou péčí, však už nejsou tématem této práce.

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek:	Název:	Strana:
Obr. 1	Cíle údržby	12
Obr. 2	historického vývoje údržby	14
Obr. 3	Systémy údržby	16
Obr. 4	Vanová křivka	17
Obr. 5	Vliv tloušťky materiálu na výsledný obraz RTG zkoušky	18
Obr. 6	Kaizen	20
Obr. 7	Metodika TPM	21
Obr. 8	Princip tepelného zpracování	23
Obr. 9	Rozdělení slitin	25
Obr. 10	Princip precipitační žíhání	27
Obr. 11	Uspořádání atomů Cu v pásnu GP1	28
Obr. 12	Schématické znázornění pásma GP2.	28
Obr. 13	Vstup nežíhaných odlitků do pece	30
Obr. 14	ŽP Eisenmann	31
Obr. 15	Schéma žíhací pece Eisenmann	33
Obr. 16	Měřicí místa teploty pláště	38
Obr. 17	Schéma měřících bodů ventilátorů	39
Obr. 18	Rozhraní vyhodnocení efektivní hodnoty rychlostí vibrací	40
Obr. 19	Výsledky prvního měření vibrací ventilátorů	40
Obr. 20	Zhoršující se trend hodnoty vibrací ventilátoru v bodě L3	41
Obr. 21	Výsledky třetího měření	42
Obr. 22	Jedna z předepsaných operací mazacího plánu	45
Obr. 23	Jedna z předepsaných operací čistícího plánu	47
Obr. 24	Jedna z předepsaných operací kontrolního plánu	48
Obr. 25	Návrh preventivní údržby žíhací pece	50

Tabulka:	Název:	Strana:
Tab. 1	Informace o ŽP	32
Tab. 2	Teplota pláště žíhací pece	37

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] HELEBRANT, F. Technická diagnostika a spolehlivost – IV. Provoz a údržba strojů. VŠB – TU Ostrava 2008, 1. vydání, 130s., ISBN 978-80-248-1690-6.
- [2] VALENT, Ondřej. Komplexní řešení preventivní, autonomní, prediktivní a proaktivní údržby. Řízení a údržba průmyslového podniku [online], c2010. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://udrzbapodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/komplexni-reseni-preventivniautonomni-prediktivni-a-proaktivni-udrzby/>.
- [3] HELEBRANT, F. Provoz, diagnostika a údržba strojů, Technická diagnostika a její metody. VŠB – TU Ostrava 2013.
- [4] MORRISON, T. Embracing predictive maintenance in a digital world. c2018, Poslední revize 25-05-2017 [cit. 2018-04-25]. Dostupné z: <https://www.heat treat.net/blogs/tom-morrison/2017/05/25/embracing-predictive-maintenance-in-a-digital-world>.
- [5] Interní materiály společnosti Eisenmann.
- [6] Interní materiály výrobní společnosti.
- [7] Tepelné zpracování. Alunet.cz [online]. c2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/tepelné-zpracování>.
- [8] KŘÍŽ, Antonín. 1. část – hliník a jeho slitiny [online]. c2005, poslední revize 26.11. 2008 [cit. 2018-04-20]. http://www.benjamin.ic.cz/hlinik_slitiny.pdf.
- [9] Základy metalografie a tepelné zpracování [online]. c2008 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=44168&revision=-1&instance=>>.

- [10] VÁŇOVÁ, P. Základy tepelného zpracování. VŠB – TU Ostrava 2011, 1. Vydání, 127 s.
- [11] ČSN 12 2011 Ventilátory. TECHNOR Ing. Jiří Řezníček [online] c2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <http://www.technicke-normy-csn.cz/122011-csn-12-2011_4_25003.html>.
- [12] MES Centrum. OEE, [online]. Poslední aktualizace 3.4.2015, [cit. 2018-04-27]. dostupné z WWW: <<http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>>.
- [13] Eledus. Využití Rentgenova záření, [online]. c2017 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: <<https://www.eledus.cz/vyuziti-rentgenova-zareni-pro-defektoskopicke-systemy/>>.
- [14] Weldingspect. Ultrazvuková kontrola, [online]. c2015 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <<https://weldinspect.cz/metody/ultrazvukova-kontrola/>>.
- [15] ČSN EN 517-1. TECHNOR Ing. Jiří Řezníček [online]. c2015 [cit. 2018-05-03]. Dostupné z: <<http://www.technicke-normy-technicke-normy/52951-nahrady-015017-csn-en/571-1.html>>.
- [16] Svět produktivity. Kaizen, [online]. c2012, [cit. 2018-05-11]. Dostupné z: <<http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.html>>.
- [17] Act-In. Maintenance control [online] c2017, [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <<http://www.act-in.cz/maintenance-control>>.
- [18] Micromain. What is a CMMS, [online] c2018, [cit. 2018-05-12]. Dostupné z: <<https://www.micromain.com/what-is-a-cmms/>>.